

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 1 de 49
	INFORME	

A	:	Gerencia General
ASUNTO	:	Principios Metodológicos Generales para la Estimación del Factor de Productividad (Setiembre 2013 – Agosto 2016)
FECHA	:	09 de noviembre de 2012

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 2 de 49
	INFORME	

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. LA REGULACIÓN POR PRECIOS TOPE EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA EN EL PERÚ	6
3. DETERMINACIÓN DEL FACTOR X	9
3.1 Marco Conceptual.....	9
3.2 Enfoques de Medición de la Productividad	10
3.2.1 Enfoque Primal.....	11
3.2.2 Enfoque Dual.....	15
3.3 Alternativas Metodológicas para la Medición de la Productividad	17
3.3.1 Metodología basada en Números Índices	17
3.3.2 Técnicas Econométricas	19
3.3.3 Fronteras Estocásticas	21
3.3.4 Análisis de Envolvente de Datos.....	24
4. IMPLEMENTACIÓN	27
4.1 Medición del cambio en la Productividad Total de Factores bajo el Enfoque Primal	28
4.1.1 Medición de la Tasa de Crecimiento del Producto.....	28
4.1.2 Medición de la Tasa de Crecimiento de los Insumos	31
4.2 Medición del Cambio en la Productividad Total de Factores bajo el Enfoque Dual	36
5. CONCLUSIONES	41
6. BIBLIOGRAFÍA	42

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 3 de 49

1. INTRODUCCIÓN

En mayo de 1994 se concretó la privatización de las empresas de telefonía de propiedad estatal –la Compañía Peruana de Teléfonos S.A. (CPT) y la Empresa Nacional de Telecomunicaciones del Perú S.A. (ENTEL)–, y como parte de dicho proceso se suscribieron los Contratos de Concesión aprobados mediante Decreto Supremo N° 11-94-TCC, adjudicándose los mismos a la empresa Telefónica del Perú S.A.A. (en adelante, Telefónica).

En virtud de dichos contratos, los cuales otorgan concesión para la prestación de servicios portadores y telefónicos locales y de larga distancia nacional e internacional; así como de sus posteriores adendas, aprobadas mediante Decreto Supremo N° 021-98-MTC, se estableció la aplicación del régimen de Fórmula de Tarifas Tope a través del Factor de Productividad a partir del año 2001.

En efecto, conforme a lo estipulado en la Cláusula 9 de los referidos contratos de concesión, desde setiembre de 2001 se ha venido implementando el régimen tarifario de Fórmula de Tarifas Tope para la regulación de los Servicios de Categoría I¹ de Telefónica. Para tal efecto, el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones – OSIPTEL- es el encargado de establecer el valor del referido factor, cuya vigencia se mantiene durante períodos de tres (3) años.

En ese sentido, siendo que el valor del Factor de Productividad actualmente vigente corresponde al período aplicable entre setiembre de 2010 y agosto de 2013, corresponde al OSIPTEL fijar el nuevo valor del Factor de Productividad que deberá ser aplicado durante el período comprendido entre setiembre de 2013 y agosto de 2016.

Cabe señalar que, el modelo de regulación por precios tope (*Price Cap*) fue diseñado para ejercer el control de precios de las empresas de servicios públicos en el Reino Unido

¹ Dicha categoría contiene, a través de 3 canastas de servicios, al cargo único de instalación, la prestación de una conexión de servicio de telefonía fija local mediante un pago fijo mensual, llamadas telefónicas locales, llamadas telefónicas de larga distancia nacional y llamadas internacionales.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 4 de 49
	INFORME	

sujetas a procesos de privatización en el marco de las reformas implementadas por el gobierno británico².

Conforme a este modelo de regulación, la fijación de los precios se conduce a través de la fórmula $RPI - X$; donde RPI , en el caso peruano, refiere a la variación porcentual del Índice de Precios al Consumidor (IPC), y el factor X representa al Factor de Productividad. De esta manera, las tarifas deben ajustarse hacia arriba de acuerdo con el nivel de la inflación, y hacia abajo según en las ganancias de productividad de la empresa regulada.

Asimismo, el modelo de regulación por precios tope es un mecanismo que determina el nivel de precios y no su estructura. Es decir, se aplica a un conjunto de servicios que conforman una canasta específica con la restricción de que la variación promedio ponderada de los nuevos precios cumpla con lo dispuesto por el régimen tarifario. De acuerdo con los desarrollos de la literatura económica en regulación, esta flexibilidad comercial bajo tarifas tope puede incrementar el bienestar de los consumidores y promover un uso eficiente de los recursos.

El modelo de regulación por precios tope es uno de los esquemas de regulación por incentivos más difundidos en la práctica regulatoria (Sappington, 2002). La popularidad de este modelo puede ser en parte explicada por los contrastes existentes con esquemas tradicionales como el de regulación por tasa de retorno. En esta perspectiva, y de acuerdo con las características del modelo de regulación por tarifas tope, la empresa tiene fuertes incentivos para reducir costos y lograr el objetivo regulatorio de eficiencia productiva lo cual permite corregir problemas típicos de eficiencia con el planteado por Averch y Johnson (1962). Adicionalmente, a diferencia del modelo de regulación por costos donde la empresa regulada está protegida contra perturbaciones adversas (es decir, los *shocks* son trasladados a los precios), el esquema de tarifas tope establece una mayor distribución de riesgos hacia la empresa regulada protegiendo a los usuarios al separar temporalmente precios de costos.

El modelo de regulación por precios tope también permite trasladar gradualmente a los distintos usuarios los beneficios causados por las ganancias en eficiencia y es bastante

² Ver Beesley, M y S. Littlechild (1989), "The Regulation of Privitized Monopolies in the United Kingdom", RAND Journal of Economics, Vol. 20, No. 4, pp. 54-72.

	DOCUMENTO	N° 526-GPRC/2012 Página : Página 5 de 49
	INFORME	

simple en su implementación. No obstante, existe naturalmente un conjunto de limitaciones como las referidas a las señales para la expansión de los servicios o los potenciales problemas de ineficiencia asignativa³.

Al respecto, cabe señalar que el OSIPTEL, en el marco de sus funciones, promueve el desarrollo de más y mejores servicios públicos de telecomunicaciones y, en ese sentido, fomenta la expansión de los servicios en redes fijas (⁴). Así pues, los procesos de revisión del Factor de Productividad no son ajenos a dicho objetivo, por lo que se mantiene su consistencia en el esquema regulatorio de precios tope.

En virtud del modelo de regulación de tarifas tope planteado, el presente documento establece los principios metodológicos correspondientes a la estimación del Factor de Productividad aplicable al periodo setiembre 2013 – agosto 2016, en concordancia con los criterios establecidos por el Decreto Supremo N° 003-2007-MTC⁵ que incorpora al Decreto Supremo N° 020-98-MTC el Título I “Lineamientos para Desarrollar la Competencia y la Expansión de los Servicios de Telecomunicaciones en el Perú”.

Los criterios mencionados establecen, entre otros aspectos, que la estimación de la productividad de la empresa regulada debe efectuarse utilizando la metodología de la Productividad Total de Factores (PTF) bajo en enfoque primal, la cual deberá ser implementada de manera consistente con la medición de la productividad de la economía, particularmente, en lo referido a las metodologías de medición y el número de años considerados para la estimación de los niveles de productividad.

En ese sentido, los principios metodológicos definen, en última instancia, los métodos de medición de los componentes del Factor de Productividad, siendo que este último se calcula considerando la diferencia entre la tasa de crecimiento de la productividad de la

³ Ver un balance más detallado del esquema de tarifas tope en el informe sustentatorio de la Resolución N° 048-2006-CD/OSIPTEL que aprueba el Instructivo para el Ajuste de Tarifas de los Servicios de Públicos de Telecomunicaciones de Categoría I de Telefónica del Perú S.A.A. (Informe N° 029-GPR/2006).

⁴ Una iniciativa sobre el particular refiere al Instructivo de Tarifas, aprobado mediante Resolución N° 048-2006-CD/OSIPTEL, el cual incorpora disposiciones específicas que proporcionan a la empresa regulada la introducción de planes sociales que resultan de la ejecución de proyectos de expansión (Secciones II.6.2 y II.10.1).

⁵ Publicado en el diario oficial El Peruano, el 2 de febrero de 2007.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 6 de 49
	INFORME	

empresa y la tasa de crecimiento de productividad de la economía; así como la diferencia entre la tasa de crecimiento de los precios de los insumos de la empresa y la tasa de crecimiento de los precios de los insumos de la economía.

En las secciones siguientes se revisa la aplicación de la regulación por precios tope en el servicio de telefonía fija en el Perú, el marco conceptual, enfoques y alternativas metodológicas para la medición del Factor de Productividad, los criterios para su implementación y, finalmente se presentan las conclusiones.

2. LA REGULACIÓN POR PRECIOS TOPE EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA EN EL PERÚ

La regulación por precios tope en el sector telecomunicaciones peruano se aplica al servicio de telefonía fija brindado por Telefónica (empresa incumbente), de acuerdo a lo establecido en sus respectivos Contratos de Concesión. En los mencionados contratos se fijan una serie de elementos que debe observar el OSIPTTEL para regular las tarifas finales de la empresa⁶.

Al respecto, el literal (c) de la Sección 9.02 de dichos contratos establece que los ajustes tarifarios mediante el esquema de Fórmula de Tarifas Tope se realizará sobre tres canastas de servicios que son denominados Servicios de Categoría I (sección 9.01, Servicios Regulados). Las tres canastas de servicios se definen como sigue:

- Canasta C: Compuesta por el servicio de establecimiento de una conexión de Servicio de Telefonía Fija Local nueva, a ser cobrada sobre la base de un Cargo Único de Instalación.
- Canasta D: Compuesta por los servicios de: i) Prestación de una conexión de Servicio de Telefonía Fija Local, a ser cobrada en base a una renta mensual, y ii) Llamadas Telefónicas Locales.

⁶ Los Contratos de Concesión y sus adendas fueron aprobados mediante los Decretos Supremos N° 11-94-TCC y N° 021-98-MTC, respectivamente. Dichos contratos son de titularidad de Telefónica.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 7 de 49
	INFORME	

- Canasta E: Compuesta por los servicios de: i) Llamadas Telefónicas de Larga Distancia Nacional, y ii) Llamadas Telefónicas Internacionales.

Según el literal (b) de la Sección 9.03 de los Contratos de Concesión, la empresa debe realizar propuestas de tarifas en forma trimestral para lo cual la Fórmula de Tarifas Tope deberá ajustarse cada trimestre conforme la evolución de la inflación, y el OSIPTEL debe verificar que las tarifas propuestas por la empresa se ajusten a las reducciones obligatorias establecidas por la aplicación de la Fórmula de Tarifas Tope y el Factor de Productividad. La Fórmula de Tarifas Tope está definida en los Anexos 3 y 4 de los contratos correspondientes, de la forma que sigue:

$$TT_{jn} = \sum_i T_{ijn-1} \left(\alpha_{ijn-1} * \frac{T_{ijn}}{T_{ijn-1}} \right)$$

$$\text{Sujeto a: } RT_{jn} = \sum_i \left(\alpha_{ijn-1} * \frac{T_{ijn}}{T_{ijn-1}} \right) \leq F_n$$

Donde:

- TT_{jn} : Tarifa Tope para canasta j de servicios durante el trimestre n .
 RT_{jn} : Ratio Tope para canasta j de servicios durante el trimestre n .
 T_{ijn} : Tarifa del servicio i en la canasta j durante el trimestre actual.
 T_{ijn-1} : Tarifa del servicio i en la canasta j durante el trimestre anterior.
 α_{ijn-1} : Factor de ponderación del servicio i en la canasta j durante el trimestre anterior, dado por la participación de ingresos del servicio i dentro de los ingresos de la canasta j .

Así también, en dichos contratos se especifica el Factor de Control de cada trimestre:

$$F_n = (1 + X) * \frac{IPC_{n-1}}{IPC_{n-2}}$$

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 8 de 49
	INFORME	

Donde:

IPC_n : Índice de Precios al Consumidor de Lima Metropolitana (trimestre n).

X : Factor de Productividad Trimestral.

Como se aprecia, el Factor de Control establece la variación que se debe dar en las tarifas promedio de cada canasta, siendo facultativo de la empresa regulada el establecer tarifas por debajo de este tope. Mediante operaciones sencillas podemos obtener la siguiente expresión⁷:

$$\Delta \%TT_n = F_n - 1 \approx \Delta \%IPC_{n-1} + X$$

Es decir, la Fórmula de Tarifas Tope establece que el cambio porcentual en el tope tarifario será igual a la tasa de inflación del trimestre anterior ($n - 1$) más el Factor de Productividad Trimestral.

Finalmente, la Sección 9.04 de los Contratos de Concesión establece que el Factor de Productividad deberá ser revisado por el OSIPTTEL en intervalos de tres (3) años, y establece a su vez los procedimientos particulares aplicables para la revisión de dicho factor.

En vista de lo establecido en los referidos contratos y sus respectivas adendas, el modelo de regulación por precios tope se aplica desde el 1 de setiembre de 2001. A la fecha, se han realizado cuatro procesos de revisión del Factor de Productividad correspondiente a los periodos: setiembre 2001 – agosto 2004, setiembre 2004 – agosto 2007, setiembre 2007 – agosto 2010, y setiembre 2010 – agosto 2013.

⁷ La variación exacta del nivel de las tarifas tope es representado por la siguiente expresión:
 $\Delta \%TT = F_n - 1 = \Delta \%IPC_{n-1} + X + (\Delta \%IPC_{n-1}) * X$. Sin embargo el valor $(\Delta \%IPC_{n-1}) * X$ tiende a 0, en otras palabras, es un valor bastante reducido

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 9 de 49
	INFORME	

3. DETERMINACIÓN DEL FACTOR X

El objetivo fundamental del modelo de regulación por precios tope, al igual que otros modelos regulatorios, es el de implementar asignaciones consistentes con los resultados que caracterizan a mercados competitivos: precios que reflejan los costos, incentivos que conllevan a costos mínimos o eficientes, precios de factores de producción que reflejen sus costos de oportunidad, entre otros.

3.1 Marco Conceptual

Siguiendo el enfoque de Bernstein y Sappington (1999), en el cual las fuerzas competitivas comprometen a las empresas –tanto del sector regulado como de la economía– a realizar ganancias de productividad y trasladarlas a los usuarios después de ajustarlas por el incremento del precio de los insumos, se utilizará la siguiente especificación del valor de la X en el esquema de regulación $IPC - X$:

$$X = [(P\hat{T}F - P\hat{T}F^{ECON}) + (\hat{W}^{ECON} - \hat{W})]$$

Donde:

- $P\hat{T}F$: Tasa de cambio en la Productividad Total de Factores de la empresa.
- $P\hat{T}F^{ECON}$: Tasa de cambio en la Productividad Total de Factores de la economía.
- $\hat{W}$: Tasa de crecimiento en los precios de los insumos de la empresa.
- $\hat{W}^{ECON}$: Tasa de crecimiento en los precios de los insumos de la economía.

Es decir, la fórmula regulatoria para la tasa de cambio de precios del servicio regulado debe ser igual a la tasa de cambio en el IPC menos el valor de la X (Factor de Productividad) que considera las ganancias de productividad más la variación del precio de los insumos de la empresa regulada con respecto a la economía.

Cabe señalar, que dicho enfoque corresponde al denominado “enfoque norteamericano” del establecimiento del Factor X en un esquema de regulación por precios tope, siendo

que está referido a la formulación implementada por la Federal Communications Commission (EEUU) para la regulación de precios tope del servicio telefónico de la empresa AT&T a partir del año 1989. Enfoques similares han sido implementados por países como Australia, Canadá, México, Jamaica, entre otros.

Una consecuencia de la expresión anterior es que si la empresa regulada tiene las mismas tasas de crecimiento en el precio de los insumos y la productividad que la economía, entonces sus precios deberían estar permitidos a subir exactamente el nivel de la inflación (cambio en el IPC). De otro lado, si la empresa regulada tiene ganancias de productividad superiores a la economía, el mecanismo regulatorio debe garantizar que en la siguiente revisión del Factor de Productividad los usuarios se benefician a través de reducciones en los precios ajustados por el nivel de inflación. Asimismo, si el precio de los insumos de la empresa crece a una tasa menor que la tasa de crecimiento de los precios de los insumos utilizados en la economía, esta ventaja también tiene que ser trasladada a los usuarios luego de ajustarlas por el efecto de la inflación.

3.2 Enfoques de Medición de la Productividad

De acuerdo a lo expuesto previamente, el componente principal en la determinación del factor X es el cambio en el Productividad Total de Factores, $P\hat{T}F$, tanto para la economía como para la empresa. A diferencia del cambio en los precios de los factores de los insumos, $\hat{W}$, que pueden ser observados, y por tanto, no hay necesidad de definir una metodología explícita para su medición, no ocurre lo mismo en el caso de la Productividad Total de Factores.

Al respecto, la medición de la productividad se encuentra estrechamente vinculada con el análisis del crecimiento económico, el cual es un tema ampliamente tratado en la literatura económica. A lo largo de los años se han desarrollado una variedad de modelos teóricos que tratan de explicar los determinantes de dicho crecimiento. En particular existen dos escuelas predominantes en la literatura teórica. La primera de ellas identifica al progreso tecnológico como el principal motor del crecimiento de largo

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 11 de 49

plazo⁸, mientras que la segunda de ellas se denomina la nueva teoría del crecimiento económico o de crecimiento endógeno y por el contrario identifica a la acumulación de factores (inversión en capital humano, conocimiento y en capital físico) como el principal determinante del proceso de crecimiento de largo plazo⁹.

La discusión teórica sobre cual factor es el principal determinante del crecimiento económico ha desbordado las fronteras de la literatura teórica y se ha dado un lugar importante en la investigación empírica. En particular se ha desarrollado una metodología que pretende ser el punto de partida de cualquier estudio empírico sobre crecimiento, la llamada contabilidad del crecimiento. Esta metodología ha facilitado ejercicios empíricos que buscan descomponer el crecimiento en sus distintos componentes, los cuales están asociados por un lado con la acumulación de factores y por otro con la evolución de la tecnología. Existen dos enfoques que son utilizados para estimar empíricamente la tasa de cambio en la PTF, a estos enfoques se les denomina primal y dual.

3.2.1 Enfoque Primal

El enfoque primal tiene como punto de partida una función de producción estándar donde la variable A representa el nivel de tecnología, K el stock de capital, L la cantidad de trabajo y M el uso de materiales. Como se menciona en el trabajo de Jorgenson y Griliches (1967) los mencionados factores de producción representan agregaciones de distintos tipos o calidades de cada uno de ellos. Asimismo, se asume que el progreso tecnológico es neutral en el sentido de Hicks¹⁰, por lo que la función de producción se puede expresar como:

$$Y = AF(K, L, M)$$

⁸ Solow, R. (1957) "Technical Change and Aggregate Production Function", Review of Economics and Statistics, 39(3), pp. 312-20.

⁹ Ver Romer, P. (1990), "Endogenous Technological Change", Journal of Political Economy, Vol. 98, No 5; y Lucas, R. (1988), "On the Mechanism of Economics Development", Journal of Monetary Economics, Vol. 22, pp. 3-42.

¹⁰ Hicks, J. (1932), "The Theory of Wages" en Economic Growth (second edition), referido por Sala-i-Martin, X. y Barro, R. Octubre 2003, MIT Press.

Tomando logaritmos y diferenciando totalmente con respecto al tiempo se encuentra que la tasa de crecimiento del producto total se puede descomponer en las respectivas contribuciones de: i) el progreso tecnológico, y ii) la acumulación de factores de producción¹¹:

$$\frac{Y'}{Y} = \left(\frac{\dot{A}}{A}\right) + \left(\frac{F_K K}{Y}\right)\left(\frac{\dot{K}}{K}\right) + \left(\frac{F_L L}{Y}\right)\left(\frac{\dot{L}}{L}\right) + \left(\frac{F_M M}{Y}\right)\left(\frac{\dot{M}}{M}\right)$$

Debido a que no es posible medir directamente la tasa de crecimiento de la productividad total de factores a partir datos reales, la contribución del progreso tecnológico sobre la tasa de crecimiento se puede obtener indirectamente como un residuo, es decir, como aquella parte del crecimiento que no es explicada por la acumulación de factores. Esta metodología fue desarrollada por Solow en su trabajo seminal de 1957 y es extendida por Hall (1988, 1990) para incorporar competencia imperfecta en el análisis. De este modo la medición de la tasa de crecimiento de la productividad total de factores usualmente se determina a partir de un ejercicio de contabilidad del crecimiento generalmente llamado el “residuo” de Solow.

Por consiguiente, si se reordenan los términos de la ecuación anterior para despejar la tasa de crecimiento de la productividad total de factores ($P\hat{T}F$) se obtiene la siguiente expresión:

$$P\hat{T}F = \frac{\dot{Y}}{Y} - \left(\frac{F_K K}{Y}\right)\left(\frac{\dot{K}}{K}\right) - \left(\frac{F_L L}{Y}\right)\left(\frac{\dot{L}}{L}\right) - \left(\frac{F_M M}{Y}\right)\left(\frac{\dot{M}}{M}\right)$$

La ecuación anterior es una ecuación contable y representa la forma más usual de calcular la productividad total de factores¹². Como se puede observar, bajo el enfoque primal la tasa de crecimiento de la productividad total de factores viene dada por la diferencia entre la tasa de crecimiento del producto total y un promedio ponderado de

¹¹ Donde: $F_K = \frac{\partial F}{\partial K}$; $F_L = \frac{\partial F}{\partial L}$; $F_M = \frac{\partial F}{\partial M}$

¹² Ver por ejemplo Solow (1957), Griliches y Jorgenson (1967), Barro y Sala-i-Martin (2003), Hsieh (2002) entre otros.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 13 de 49

la tasa de crecimiento de los diversos factores de producción. Cabe resaltar que los ponderadores o elasticidades de las tasas de crecimiento de cada factor de producción vienen dados por la cantidad de cada factor multiplicado por su respectiva productividad marginal dividido entre el producto total, es decir, por sus respectivas participaciones en el producto total.

Como es de esperar el término más controversial y que ha dado lugar a muchas discusiones es el relacionado con las participaciones o elasticidades de los factores de producción ya que dichos coeficientes dependen directamente de las productividades marginales de cada uno de los factores de producción considerados en el análisis, las cuales son variables no observables y para las cuales no se cuenta con información real.

Para resolver este problema se utilizan supuestos adicionales. La solución elaborada por Solow (1957) a este problema de información es la más utilizada y pasa por asumir que las empresas maximizan beneficios bajo competencia perfecta en el mercado de factores, es decir supone que los precios de los factores vienen dados para las empresas. Como resultado de su comportamiento optimizador, las productividades marginales de cada factor se igualan a los precios de cada uno de ellos. Bajo este supuesto, y asumiendo que se cuenta con información acerca de todas las demás variables así como de los precios de los factores, se puede implementar empíricamente el enfoque primal.

Bajo el supuesto de que las empresas producen hasta el punto en que las productividades marginales son iguales a los precios de los factores, la ecuación que determina el crecimiento en la PTF se convierte en:

$$P\hat{T}F = \frac{\dot{Y}}{Y} - s_K \left(\frac{\dot{K}}{K} \right) - s_L \left(\frac{\dot{L}}{L} \right) - s_M \left(\frac{\dot{M}}{M} \right)$$

Donde: $s_K = \frac{RK}{Y}$, $s_L = \frac{WL}{Y}$, $s_M = \frac{P_MM}{Y}$, y R , W y P_M representan los precios del capital, mano de obra y materiales, respectivamente.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 14 de 49

Investigaciones posteriores han relajado los supuestos de Solow, en particular, desde el lado de las mediciones de productividad a nivel de empresas o sectores específicos. Al respecto, es importante considerar que la empresa podría tener cierto poder en el mercado de factores, contexto bajo el cual no tomaría los precios de los factores de producción como dados.

En este caso, está claro que los precios de los factores no serán iguales a sus productos marginales, siendo la equivalencia relevante la igualdad entre los productos marginales y los respectivos ingresos marginales. Hall (1988) muestra que bajo estas condiciones la solución es ponderar la tasa de crecimiento de los diversos factores de producción por las participaciones de los pagos de dichos factores en los gastos totales.

De esta manera, siguiendo a Hall (1998), la ecuación primal para medir las variaciones en el nivel de productividad del lado de las empresas debe ser:

$$P\hat{T}F = \frac{\dot{Y}}{Y} - s_K^{\text{emp}} \left(\frac{\dot{K}}{K} \right) - s_L^{\text{emp}} \left(\frac{\dot{L}}{L} \right) - s_M^{\text{emp}} \left(\frac{\dot{M}}{M} \right)$$

Donde: $s_K^{\text{emp}} = \frac{RK}{C}$, $s_L^{\text{emp}} = \frac{WL}{C}$, $s_M^{\text{emp}} = \frac{P_M M}{C}$ y $C = RK + WL + P_M M$

Una formulación más general sería la siguiente:

$$P\hat{T}F = \frac{\dot{Y}}{Y} - \sum_j \alpha_j \left(\frac{\dot{v}_j}{v_j} \right)$$

Donde:

v_j : Factor de producción j -ésimo.

α_j : Participación del factor de producción j -ésimo.

De otro lado, recientes investigaciones analizan qué ocurriría si también se relaja el supuesto de los retornos constantes a escala. Al respecto, Hall (1988) muestra que cuando este es el caso, las elasticidades del factor relevante son la participación de

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 15 de 49

los pagos del factor en los gastos totales ajustados por el grado de rendimientos crecientes a escala. El problema con la solución de Hall es que requiere la información sobre dichos rendimientos.

Otros autores como Denny, Fuss, y Waverman (1981) intentan descomponer el crecimiento de la PTF en cambio técnico, retornos crecientes a escala, y lejanía de los precios de costo marginal, asumiendo para ello que la función de costos relacionada con la función de producción toma una forma translogarítmica¹³. El problema principal de este enfoque es que supone que los factores son pagados por el producto de su ingreso marginal. Sin embargo, podría haber muchos factores que podían impulsar un alejamiento entre el precio de un factor y su producto marginal.

3.2.2 Enfoque Dual

Un enfoque alternativo para calcular los cambios en productividad es usar datos sobre los precios de los factores en lugar de las cantidades de factores y de producción. Este enfoque, denominado enfoque dual ha sido recientemente utilizado por Hsieh (2002) en el contexto de un ejercicio de contabilidad del crecimiento para los países del sudeste asiático con el objetivo de comparar los estimados primales de Young (1992) para ese mismo conjunto de países. Sin embargo, hay que resaltar que la primera referencia al enfoque dual se encuentra desarrollada en el artículo de Griliches y Jorgensen (1967) quienes demuestran que la productividad total de factores se puede medir por medio de índices de cantidades o por medio de índices de precios, siendo ambas metodologías equivalentes de forma teórica.

$$PY = RK + WL + P_M M + \Pi$$

Donde Y es el producto, P es el precio, R es el precio del alquiler de capital, W es el salario, P_M es el precio de materiales, L es el trabajo, K es capital, M es la cantidad de materiales, y Π representa los beneficios.

¹³ Con una función de costo translogarítmica, el grado de rentabilidades crecientes, así como los parámetros que caracterizan la forma de la función de producción pueden ser estimadas de las regresiones lineales de la participación de los pagos del factor sobre los precios de los insumos (en logaritmos) y el nivel del producto (también en logaritmos).

Diferenciando ambos lados de la ecuación anterior con respecto al tiempo; dividiendo por el costo total, el cual es equivalente a $C = RK + WL + P_M M$; y, expresando los términos que implican tasas de crecimiento de cantidades en el lado izquierdo, tenemos:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{RK}{C} \frac{\dot{K}}{K} - \frac{WL}{C} \frac{\dot{L}}{L} - \frac{P_M M}{C} \frac{\dot{M}}{M} = \frac{RK}{C} \frac{\dot{R}}{R} + \frac{WL}{C} \frac{\dot{W}}{W} + \frac{P_M M}{C} \frac{\dot{P}_M}{P_M} + \frac{\Pi (\Pi/PY)}{C (\Pi/PY)} - \frac{\dot{P}}{P}$$

Nótese que la medida de Solow-Hall del crecimiento de la productividad total de factores primal para la empresa es equivalente a la expresión de lado izquierdo de esta igualdad. En cambio, la estimación dual del crecimiento de la productividad total de factores está dada como un promedio ponderado de la tasa de crecimiento de los precios de los factores y la participación de las ganancias menos la tasa de crecimiento del precio del producto de la firma, equivalente al lado derecho de la ecuación. Por lo tanto:

$$P\hat{T}F_{Dual}^{Empresa} = \left(\frac{RK}{C}\right)\left(\frac{\dot{R}}{R}\right) + \left(\frac{WL}{C}\right)\left(\frac{\dot{W}}{W}\right) + \left(\frac{P_M M}{C}\right)\left(\frac{\dot{P}_M}{P_M}\right) + \left(\frac{\Pi}{C}\right)\left[\frac{(\Pi/PY)}{(\Pi/PY)}\right] - \frac{\dot{P}}{P}$$

La intuición básica para este resultado es que los incrementos en los precios de factores pueden ser sostenidos sólo si el producto está aumentando dados los insumos. Por lo tanto, el promedio apropiadamente ponderado del crecimiento de los precios de los factores mide el grado de crecimiento de la productividad.

Sin embargo, es importante destacar las diferencias que existirían entre la aplicación del enfoque dual a nivel de una empresa y en el nivel de la economía derivadas de la posible existencia de poder de mercado por parte de la empresa en el mercado de factores. En el caso de la economía, se utiliza la identidad contable que existe entre el producto total de una economía y el pago a los factores de producción:

$$Y = RK + WL$$

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 17 de 49

Sobre la base de lo desarrollado anteriormente, se puede observar que el crecimiento de la PTF de la economía que proviene del enfoque dual es equivalente a un promedio ponderado sobre las tasas de crecimiento de los precios de los factores de producción, donde los ponderadores están basados en las participaciones de cada uno de los factores en el producto total:

$$P\hat{T}F_{Dual}^{Economía} = \left(\frac{RK}{Y}\right)\left(\frac{\dot{R}}{R}\right) + \left(\frac{WL}{Y}\right)\left(\frac{\dot{W}}{W}\right)$$

El enfoque dual ha sido implementado por Hsieh (2002) con el objetivo de cuantificar la importancia de las fuentes de crecimiento en los países asiáticos del Este. Este enfoque desde entonces ha sido tratado en varios estudios, incluyendo Antras y Voth (2003) para medir el crecimiento de la productividad en Inglaterra en el siglo XIX y Dai e Islam (2006) para medir el crecimiento de la productividad en China desde comienzos de los 1980's.

3.3 Alternativas Metodológicas para la Medición de la Productividad

El objetivo de esta sección es describir las diferentes alternativas metodológicas disponibles para calcular las ganancias de productividad. Dentro de este marco general, existen varias metodologías para medir la productividad que se han desarrollado en la literatura: (i) Metodología basada en Números Índices; (ii) Metodología basada en Modelos Econométricos; (iii) Análisis de Fronteras estocásticas; y (iv) Análisis de Envolverte de Datos (DEA).

3.3.1 Metodología basada en Números Índices

La metodología más utilizada para medir adecuadamente cambios en la productividad, en particular en análisis sectoriales, es la que utiliza la teoría de los números índices. Esta metodología estima la productividad como el ratio de los cambios en la cantidad producida respecto a los cambios en las cantidades o precios de los insumos utilizados. Si esta medida de productividad es mayor que uno implica

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 18 de 49

que el producto está creciendo más que los insumos y por lo tanto la empresa es más productiva.

El uso de la teoría de los números índices se justifica debido a que el análisis realizado por los enfoques primal y dual asume un escenario de análisis continuo, cuando en realidad se cuenta con información de naturaleza discreta. Asimismo, se requiere analizar un escenario de producción multiproducto por lo que es necesario agregar diversos tipos de cantidades y precios. En este sentido, la teoría de los números índices está orientada al análisis las variaciones agregadas en precios y cantidades entre diferentes periodos de tiempo.

Entre las ventajas que cuenta el uso de los números índices para el estudio de la PTF tenemos el menor requerimiento de información para su implementación frente a las estimaciones econométricas; los números índices requieren en general información sobre precios y volúmenes físicos únicamente, por lo que pueden ser fácilmente reproducibles por los agentes interesados; tienen un fundamento sólido en la teoría económica, que puede verificarse en la extensa literatura que ha tratado sobre sus propiedades y aplicaciones prácticas; y, permite resolver algunos problemas de carencia de datos, pues en algunos casos, sólo se dispone de información relativa a los ingresos, los cuales pueden ser deflactados para obtener información relativa a precios o cantidades.

Para poder implementar esta metodología es necesario elegir al número índice más adecuado. Para realizar esta elección se utilizarán dos enfoques, que son utilizados ampliamente en la literatura referida a los números índices, estos enfoques son el axiomático y el económico. El enfoque axiomático se basa en establecer si los índices cumplen con ciertas propiedades deseables o convenientes desde el punto de vista matemático, suponiendo que los precios y las cantidades son variables independientes. De otro lado el enfoque económico supone que las cantidades son funciones de los precios, por lo tanto este enfoque se basa en el análisis de las relaciones entre los números índices y las formas funcionales consistentes con la teoría económica.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 19 de 49

En primer lugar, respecto al enfoque axiomático de los números índices, las propiedades deseables más relevantes con las que debe contar un índice son las de positividad, continuidad, identidad, proporcionalidad, reversión de productos, invariancia ante variaciones en las unidades de medida, reversión temporal, reversión de factores, del valor medio y de circularidad. Al respecto, el Índice de Fisher cuenta con todas las propiedades mencionadas excepto la de circularidad, y por ello se le denomina el Índice Ideal de Fisher. Cabe señalar que en los casos en donde se cuenta con más de dos productos no existe ningún número índice que cuente con las propiedades de positividad, identidad y reversión de factores y que además cuente con la propiedad de circularidad. Asimismo la propiedad de circularidad no es muy importante en el contexto de comparaciones temporales¹⁴.

En segundo lugar, respecto al enfoque económico en el cual enfatiza las relaciones de dualidad entre metodologías de agregación y las formas funcionales, la conveniencia de un índice depende de las cualidades de la forma funcional a la cual el índice es exacto. Entre las formas funcionales, la literatura distingue entre las formas funcionales flexibles y las no flexibles. Las primeras al ser aproximaciones de segundo grado a cualquier función de producción son superiores a las segundas debido a que éstas son sólo aproximaciones de primer orden. Diewert denominó como Índices Superlativos a aquellos que se correspondan exactamente con formas funcionales flexibles. Los índices de Fisher y de Tornqvist-Theil son Índices Superlativos, y corresponden de manera exacta a las formas funcionales flexibles cuadrática y trascendental-logarítmica, respectivamente¹⁵.

3.3.2 Técnicas Econométricas

El empleo de modelos econométricos para la estimación de la productividad, consiste en realizar una regresión de la tasa de crecimiento del producto en función a las

¹⁴ Selvanathan E.A. y D. Prasada Rao (1994). "Index Numbers. A Sochastic Apprach" . The University of Michigan Press.

¹⁵ Diewert, E. (1976) "Exact and Superlative Index Numbers," Journal of Econometrics, Vol. 4, pp. 115-145; y, Diewert, E. (1978) "Superlative Index Numbers and Consistency in Aggregation," Econometrica Vol. 46, pp. 883-990.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 20 de 49

tasas de crecimiento de los factores de producción¹⁶. Más específicamente, la metodología de funciones de producción para la medición de la productividad en la economía consiste en la estimación, usando técnicas econométricas, del aporte de cada factor de producción en el nivel de producto y del residuo resultante. Dicho residuo, que constituye la parte del producto que no puede ser explicada por los aportes de cada uno de los factores de producción, se interpreta como una medida de la productividad total de los factores y constituye el punto central de esta metodología.

Esta metodología para la medición de la productividad presenta algunas ventajas y desventajas frente a metodologías alternativas. Entre las ventajas de esta metodología se tienen que permite el cálculo de parámetros insesgados en la estimación de la función de producción, lo que conduce a mejores estimados del residuo o indicador de la productividad; permite diferenciar el aporte de cada factor de producción de la productividad total de factores; permite realizar estimaciones de productividad para cada firma en cada periodo de tiempo, siempre que se disponga de la información completa; y considerando que las mediciones de productividad a nivel de industria o sector se basan en información de las unidades productivas, permite realizar distintos tipos de agregaciones.

De otro lado, entre las desventajas que presenta esta metodología se pueden mencionar: si bien el método usual para estimar el factor de productividad es utilizar series de tiempo, la estimación de funciones de producción desde el enfoque microeconómico presenta serios problemas que impiden el cálculo de parámetros insesgados, tales como el sesgo de selección¹⁷ o la simultaneidad¹⁸ entre la

¹⁶ Aportes iniciales desde este enfoque fueron realizados por Griliches (1957) y Mansfield (1961), quienes estudiaron la importancia del cambio tecnológico, la difusión y el rol de la investigación y desarrollo para explicar el residuo (Griliches, 1994).

¹⁷ El problema de sesgo de selección se presenta cuando no es posible observar la totalidad de empresas existentes, sino únicamente aquellas que cuentan con un nivel de productividad suficiente o alguna otra característica no observable que determina que sigan participando en el mercado. La consecuencia de esta decisión es que, dado que no se estaría observando ni el universo ni una muestra aleatoria, se estaría omitiendo información de un grupo de empresas con características específicas, lo que conduce a la obtención de parámetros sesgados. Este problema es analizado en la literatura desde Wederband (1965).

¹⁸ La simultaneidad se presenta porque la decisión sobre la cantidad de insumos a usarse en un determinado periodo está determinada (en parte) por la productividad esperada de la firma en dicho periodo. Esto conduce a que exista correlación entre las realizaciones de la productividad y la cantidad de insumos

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 21 de 49

productividad no observable y la demanda por factores de producción¹⁹; requiere de la formulación de una función de producción específica; requiere contar con información de datos de panel, dada la especificación del modelo a estimarse y una cantidad considerable de datos a nivel de firmas; y requiere de un número considerable de observaciones que permitan hallar estimadores confiables y consistentes (si bien se podría considerar la alternativa de tomar periodos de tiempo más cortos que el anual para lograr un mayor número de observaciones, esto podría desnaturalizar algunos supuestos del modelo, en especial lo referente a la planificación de las decisiones productivas).

Bajo estas condiciones, en función a la disponibilidad y calidad de la información, el desarrollo de modelos econométricos podría resultar en una alternativa de medición de la productividad en la economía.

3.3.3 Fronteras Estocásticas

Esta metodología considera que no todas las desviaciones observadas de las cantidades óptimas de producción son controlables por la empresa. Por ello, se busca separar los shocks aleatorios de los producidos por variaciones en la eficiencia técnica.

Los primeros modelos asumían una forma funcional Cobb-Douglas²⁰. La frontera hallada es determinística, lo que implica que el modelo no toma en cuenta choques aleatorios. Como resultado, todas las desviaciones de la frontera son supuestamente

usados. Cuando la simultaneidad no es considerada en una estimación de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), se obtienen parámetros sobreestimados de los factores de producción. Este problema ha sido tratado en la literatura desde Marschack y Andrews (1944).

¹⁹ Considerando estos problemas, diversos autores han desarrollado metodologías que permiten trabajar y corregir los mismos: Olley y Pakes (1996) diseñaron una metodología que permite lidiar con estos problemas y resolver los inconvenientes que se presentaban para la obtención de parámetros insesgados en la función de producción; Levinsohn y Petrin (2003) probaron que usando insumos intermedios en lugar del nivel de inversión en el modelo de Olley y Pakes podía también alcanzarse estimadores insesgados; Akerberg y Caves (2003) (mencionado en Frazer [2004b]) demuestran que aún cuando se considere la inversión o los insumos intermedios, siguiendo la lógica de los modelos anteriores, se llega a un problema de *colinealidad* entre el término de productividad y los insumos variables. El problema de la *colinealidad* es solucionado en Frazer (2004a) (mencionado en Frazer [2004b]) y en Akerberg, Caves y Frazer (2005).

²⁰ Los trabajos originales en Fronteras Estocásticas fueron elaborados por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977).

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 22 de 49

causadas por ineficiencia técnica inherente a la propia empresa. En este contexto, la metodología se desarrolla para permitir separar shocks aleatorios de los efectos producidos por variaciones en la eficiencia técnica.

El objetivo de contabilizar el crecimiento es dividir el crecimiento del producto entre la contribución derivada del crecimiento en los insumos y la contribución de la productividad. De esta manera, el enfoque de la frontera de producción estocástica, estima los parámetros de la función de producción a través de técnicas econométricas estándar²¹. El supuesto clave de este enfoque es que las diferencias de los insumos de las empresas no están relacionadas con el nivel de eficiencia. Sin embargo, este supuesto es claramente insostenible. Existe evidencia abundante de que las empresas más productivas contratan más insumos y las menos productivas emplearán menos insumos. En consecuencia, el enfoque de la frontera de producción estocástica tenderá a dar resultados estimados de la productividad de la empresa que subestimen el nivel de eficiencia de las empresas más eficientes y sobreestime el nivel de eficiencia de las empresas menos eficientes.

La principal contribución del enfoque de fronteras de producción estocásticas es que potencialmente permite identificar en qué medida la mejora de la productividad de la empresa resulta del movimiento de la frontera de producción común a todas las empresas (la función de la “frontera” de producción), y en qué medida la mejora de la productividad de la empresa es consecuencia de ampliar la brecha entre la productividad de la empresa y la frontera de producción²².

El enfoque de fronteras estocásticas de producción presenta algunas desventajas. Primero, respecto al procedimiento empírico para la estimación de la función de productividad, el enfoque de fronteras de producción estocásticas asume una asignación de los insumos a través de las empresas que no está relacionado con el nivel de eficiencia de las mismas (es decir, se asume que los insumos son asignados

²¹ El Enfoque de fronteras estocásticas de producción, así como la literatura sobre la estimación de la función de producción, se ha avocado a los datos de panel y los enfoques de efectos fijos para resolver este problema de endogenidad. Por ejemplo, este es el enfoque que han tomado Schmidt y Sickles (1984).

²² Esta diferencia fue introducida por primera vez por Farrell (1957).

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 23 de 49

aleatoriamente entre empresas). Es fácil demostrar empíricamente así como teóricamente²³ que este supuesto no es correcto y llevará a estimados erróneos (básicamente se subestimaría el nivel de eficiencia productiva de las empresas más productivas y se sobreestimaría la eficiencia productiva de las empresas menos productivas).

Segundo, los requerimientos de información para implementar este enfoque, la necesidad de contar con información sobre el producto y las cantidades de factores de producción, no está exento de los conocidos problemas de medición de variables. Por lo tanto, desde esta perspectiva, no existe una ventaja (ni desventaja) de usar el enfoque de fronteras estocásticas de producción.

No obstante la discusión previa, esta descomposición que se obtiene con el análisis de Frontera Estocástica es de poco valor para el propósito de establecer el factor X en la regulación por precios tope. Presumiblemente, todo lo que podemos hacer con el propósito de establecer el factor X es ver cómo el precio del producto de la empresa regulada disminuiría con la mejora de la productividad de la empresa si es que la empresa regulada estuviera operando en un ambiente de competencia.

Al respecto, lo que se desea medir es la mejora total en la productividad de la empresa, independientemente de si la mejora en productividad es derivada de una mejora en la frontera de producción mundial del sector de telecomunicaciones o si es derivada del hecho que la empresa regulada haya logrado la “mejor práctica” en tecnología en el mundo.

Si es que la empresa estuviera operando en un entorno competitivo, el efecto de una mejora de productividad en el precio del producto debería ser exactamente la misma (misma magnitud), sin importar la fuente de la mejora. En resumen, debido a las razones expuestas se considera que hay poca ventaja y varias desventajas de usar la metodología de fronteras estocásticas de producción con el propósito de calcular

²³ Existen varias razones para esperar que, de un lado, empresas con alta productividad tengan más altos niveles de capital y trabajo; y de otro lado, es más probable que empresas con bajos niveles de productividad tengan menores niveles de capital y trabajo.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 24 de 49

el factor X necesario para establecer los precios tope de las empresas de telecomunicaciones reguladas.

3.3.4 Análisis de Envolvente de Datos

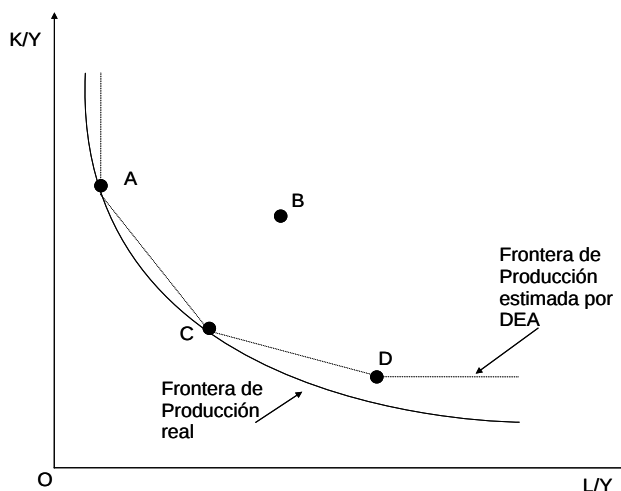
El Análisis de la Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) fue introducido por Charnes, Cooper, y Sueyoshi (1978) y enfatiza la distinción que planteó Farrell (1957) entre los cambios de la “mejor practica” de la función de producción y el agrandamiento de la brecha entre la empresa analizada y la frontera de producción.

Este enfoque pertenece a los modelos de estimaciones no paramétricas y utiliza la programación lineal para evaluar la eficiencia de un número dado de productores sin asumir una función de producción específica, definiendo el proceso productivo como el hecho de poder obtener una canasta de productos a partir de una canasta de insumos.

Al igual que la metodología de Frontera Estocástica, el método DEA descompone los cambios en la productividad de la empresa en cambios en productividad de la empresa más eficiente (la “frontera” de la función de producción) y los cambios entre la productividad de la empresa analizada y la empresa más eficiente. Para tal efecto, se estima la forma de la frontera de producción usando técnicas de programación lineal. El procedimiento consiste en construir una curva “enroscada” alrededor de todas las observaciones por afuera, “envolviéndolas” (de ahí el nombre Análisis de la Envolvente de Datos).

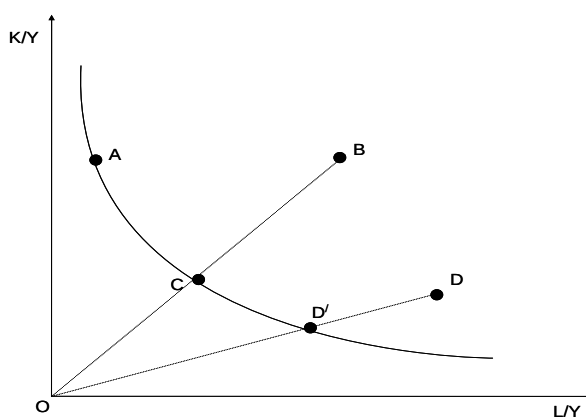
El siguiente diagrama ayuda a entender el enfoque DEA. Asumamos que los puntos A, B, C y D representan a diferentes empresas. Los puntos A, C y D están cerca del origen, así que el enfoque de DEA dibujaría la frontera desde el punto A al punto C y al punto D. Las partes de la frontera por encima de A y D serán dibujadas extendiendo la frontera más allá de estos puntos en forma paralela a sus respectivo ejes. El enfoque DEA asume que esta curva (la línea gruesa del Gráfico N° 1) aproxima la frontera de producción.

Gráfico N° 1
Frontera de Producción Estimada



De acuerdo al enfoque DEA, las empresas A, C y D, que se encuentran en la frontera, son consideradas como las eficientes; mientras que la empresa B es considerada como menos eficiente dado que podría disminuir su uso de los dos insumos y producir la misma cantidad de producto que si estuviera en el punto C. El punto C es llamado “el equivalente” de la empresa B (ver el siguiente gráfico).

Gráfico N° 2
Frontera de Producción



Las empresas A, C y D' son técnicamente eficientes pues se encuentran sobre la frontera de producción (entiéndase a la función de producción como el ratio mínimo de capital y trabajo por unidad de producto), donde una mejora en productividad moverá la frontera de producción al suroeste.

Una empresa produciendo en el punto B estará siendo técnicamente ineficiente porque está utilizando más capital y trabajo de lo necesario para producir un nivel de producto designado por la frontera de producción. Si en vez de ello, esta empresa estuviera produciendo en un punto C, se estaría dando una mejora en la eficiencia medida por la distancia $(OB-OC)/OB$. Algo similar ocurre con una empresa produciendo en el punto D: si ésta produce en el punto D' (es decir, en la frontera de producción), se estaría dando una mejora de la eficiencia técnica representada por la distancia $(OD-OD')/OD$.

El enfoque DEA puede orientarse tanto a insumos como a productos. La orientación a insumos tiene como fin determinar cuál es la máxima reducción proporcional de las cantidades de insumos sin alterar el nivel de producción, mientras que la orientación a productos tiene como fin determinar en cuánto puede aumentar proporcionalmente el nivel producido sin alterar la cantidad de insumos²⁴.

Entre las ventajas del enfoque DEA puede señalarse, en primer lugar, que si bien para su implementación se necesita contar con información sobre la cantidad de insumos y producto, no es necesario disponer de información sobre los costos de los factores de producción o los precios de los mismos; es decir, puede ser implementado sin contar con información sobre la participación de los factores de producción²⁵ y sin contar con los estimados de los productos marginales vía métodos econométricos²⁶.

Otra ventaja del enfoque DEA es que asume que las diferencias tecnológicas entre empresas no afectan el ratio óptimo de los insumos escogidos por la empresa regulada. Esto es más realista que asumir diferencias en los insumos que no estén

²⁴ La metodología de DEA en el caso uniproducción puede ser utilizada para estimar el crecimiento en la productividad mediante el cálculo del índice de productividad de Malmquist, empleando funciones de distancia para luego dividir el índice en dos elementos: cambio en eficiencia y cambio técnico. El cambio en eficiencia se refiere a la convergencia en eficiencia, lo cual en términos geométricos está dado por cuán lejos se encuentra la observación de la frontera; mientras que el cambio técnico busca capturar el impacto del cambio tecnológico en el nivel de producción.

²⁵ Los cuales sí son necesarios para el enfoque de Solow/Hall.

²⁶ Los cuales sí son necesarios en el enfoque de fronteras estocásticas de producción.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 27 de 49

relacionadas con las diferencias en eficiencia (que es el supuesto necesario para hacer que el método de fronteras estocásticas funcione), pero puede no cumplirse en ciertos casos.

Existen, sin embargo, algunas limitaciones con el enfoque DEA. La primera es que el enfoque DEA es muy propenso a errores de medición, y a la presencia de valores extremos. Segundo, el enfoque DEA es sensible a cambios en el número de puntos (observaciones), pues cambios en el número de observaciones pueden fácilmente resultar en diferentes estimados para la eficiencia de una determinada empresa²⁷. Tercero, el enfoque DEA asume que las empresas con diferentes niveles de intensidad de uso de factores de producción se encuentran en puntos diferentes en la función de producción; es decir, asume que las diferencias técnicas entre las empresas no cambian a la razón óptima de cantidades de factores, es decir, asume que las diferencias técnicas entre las empresas son del tipo Hicks-neutral²⁸. En este sentido, el enfoque DEA es una alternativa razonable cuando los datos de costo de los factores no se encuentren disponibles.

4. IMPLEMENTACIÓN

Sobre la base de la revisión de las diversas alternativas metodológicas para la estimación de los niveles de productividad, la presente sección desarrolla los criterios específicos a la medición de la productividad bajo el enfoque primal y dual.

²⁷ La diferencia de productividad entre una empresa dada y la función de producción tenderá a ser menor cuando exista un mayor número de compañías en la muestra.

²⁸ Implícitamente se asume que las diferencias en las intensidades de uso de los factores entre las diferentes empresas no tienen correlación con las diferencias tecnológicas entre las mismas empresas; es decir, que la razón por la cual las compañías producen en diferentes puntos de la frontera de producción se debe a que se enfrentan a diferentes precios relativos de los factores, y no porque tengan diferentes niveles tecnológicos. Este supuesto es correcto si la tecnología es Hicks-neutral – esto es, si $F(A, K, L) = AF(K, L)$. Cuando la tecnología es Hicks-neutral, las diferencias en las intensidades de uso del factor solo serán derivadas de diferencias en los precios relativos de los factores. No obstante, si la tecnología no es Hicks-neutral, entonces el enfoque DEA confundiría una variación de la función de producción con un movimiento a través de la función de producción.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 28 de 49

4.1 Medición del cambio en la Productividad Total de Factores bajo el Enfoque Primal

En virtud del marco conceptual desarrollado, corresponde efectuar la estimación de los componentes considerados para el cálculo del Factor de Productividad bajo el enfoque primal. Dentro de ese contexto, se describirá los métodos vinculados a la medición de la tasa de crecimiento del producto, así como a la tasa de crecimiento del uso de los factores (capital, trabajo y materiales).

4.1.1 Medición de la Tasa de Crecimiento del Producto

Sobre el particular, es común la presencia de algunas limitaciones relativas a la naturaleza de la operación e información disponible de la empresa que deben ser tomados en cuenta para la medición de la tasa de crecimiento del producto.

Un primer aspecto está vinculado a la naturaleza multiproducto de las empresas, es decir, éstas no necesariamente producen un único tipo de bien sino distintos tipos de bienes, por lo que resulta necesario agregarlos a través de un indicador que permita obtener una medida significativa de la producción real agregada.

Un segundo aspecto está referido a la disponibilidad de información de la empresa en relación a los niveles de producción para cada uno de sus productos. En muchos casos, sólo se dispone de información relativa a las medidas del ingreso, por lo que bajo este supuesto corresponde determinar una medida adecuada del producto real de la empresa.

- **Agregación del Producto**

Con el objetivo de desarrollar el marco conceptual aplicable, se asume que existen N bienes que denotamos como $y_1, y_2, \dots, y_N$. Asimismo, se considera que la medición agregada del nivel de producción total es equivalente a la utilidad del consumidor representativo de estos N bienes, es decir $Y = U(y_1, y_2, \dots, y_N)$. Se define E^Y como el gasto mínimo necesario para alcanzar el nivel agregado de Y ,

dados los precios de cada bien y_i , $E^Y = \sum_i p_i y_i$. Complementariamente se define P como el gasto mínimo necesario para adquirir una unidad del bien agregado ($Y = 1$): $P = E^Y/Y$. Ello implica que, de la condición de primer orden para el problema de optimización del consumidor se obtiene lo siguiente:

$$Umg_i = \frac{\partial Y}{\partial y_i} = \frac{\partial (E^Y/P)}{\partial y_i} = \frac{\partial (\sum_i p_i y_i / P)}{\partial y_i} = \frac{p_i}{P}$$

Si se diferencia totalmente a Y respecto al tiempo y expresando en cambios porcentuales, considerando el resultado anterior así como la expresión para P , se llega a una expresión para la tasa de crecimiento del nivel agregado de la producción total calculada como una promedio ponderado de la tasa de crecimiento de cada producto individual, donde los pesos están determinados por la participación de los gastos del consumidor en cada producto.

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \sum_i \left(\frac{y_i p_i}{E^Y} \right) \left(\frac{\dot{y}_i}{y_i} \right)$$

Como se ha precisado anteriormente, será necesario expresar la ecuación anterior en términos discretos para poder implementar empíricamente el enfoque primal, aspecto que como ya se ha mencionado, implica la consideración de índices de agregación, más específicamente, el índice de Fisher.

- **Ausencia de Indicadores de Cantidades**

Tal como se ha indicado anteriormente, en algunos casos no se cuenta con datos precisos sobre los niveles de producción o cantidades de determinados productos pero si de sus ingresos, contexto bajo el cual se podría utilizar la tasa de crecimiento del nivel de ingresos como un *proxy* de la tasa de crecimiento del producto. Al respecto, es importante señalar que, existiendo posibilidades de cambio tanto en el nivel de las cantidades, como en el nivel de los precios, dicha aproximación conllevará a una sobreestimación de la tasa de crecimiento del producto.

Para mostrar dicha apreciación considérese un breve análisis en el nivel del producto total. En dicho escenario es fácil mostrar que la tasa de crecimiento del ingreso total estará definido por:

$$\frac{\dot{E}^Y}{E^Y} = \sum_i \left(\frac{y_i p_i}{E^Y} \right) \left(\frac{\dot{y}_i}{y_i} + \frac{\dot{p}_i}{p_i} \right)$$

Como se puede apreciar, la tasa de crecimiento del ingreso total excede la tasa de crecimiento del producto real en la tasa de crecimiento medio de los precios:

$$\text{Sesgo} = \sum_i \left(\frac{y_i p_i}{E^Y} \right) \left(\frac{\dot{p}_i}{p_i} \right)$$

La literatura económica plantea como solución estimar la tasa de crecimiento del nivel de precios para eliminar el sesgo. En términos de su implementación por el lado de la empresa, el enfoque aplicado empíricamente es el enfoque del “ingreso deflactado”. Bajo este enfoque es posible estimar un índice de precios que tenga una relación cercana con el sector analizado y utilizarlo como un deflactor de los ingresos para estimar los indicadores de cantidades, es decir:

$$q_{\text{estimado}} = \frac{\text{Ingreso Real}}{\text{Índice de Precios}}$$

Una solución más compleja ha sido propuesta por Levinsohn y Melitz (2001). Específicamente, si se asume que la utilidad del consumidor se representa mediante una función de elasticidad de sustitución constante (CES), se puede mostrar que la cantidad producida de un bien es una función directa de sus ingresos:

$$Y = \left(\sum_i y_i^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \Rightarrow y_i = (y_i p_i)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 31 de 49

Donde $\sigma > 1$ es la elasticidad de sustitución entre los diferentes productos. Por lo tanto, la tasa de crecimiento de la producción agregada puede ser expresada como una función de la tasa de crecimiento del ingreso total:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \left(\frac{\sigma}{\sigma - 1} \right) \left(\frac{\dot{E}^Y}{E^Y} \right)$$

Bajo este enfoque, sería posible estimar la tasa de crecimiento del producto agregado real simplemente con un estimado de la elasticidad de la sustitución σ ; estimación que sin embargo podría introducir una elevada complejidad.

4.1.2 Medición de la Tasa de Crecimiento de los Insumos

4.1.2.1 Medición de la Tasa de Crecimiento del Trabajo

El objetivo de esta sección es establecer el marco conceptual que permita definir una metodología para estimar los servicios totales provistos por la fuerza laboral. La manera más sencilla pasaría por contar el número de trabajadores y tomar este número como el valor de los servicios provistos por la fuerza laboral de la empresa. Sin embargo, si se considera que los trabajadores difieren en sus destrezas no sería posible contar a un trabajador obrero y un empleado administrativo del mismo modo. Al respecto, se supone que la empresa emplea N tipos de trabajadores que difieren en su destreza. Denotamos el número de trabajadores de cada tipo como $l_1, l_2, \dots, l_N$ y el salario pagado por la empresa como $w_1, w_2, \dots, w_N$. Además, se supone que los servicios totales provistos por todos estos trabajadores pueden ser resumidos por la siguiente función:

$$L = L(l_1, l_2, \dots, l_N)$$

La tasa de crecimiento del trabajo total es entonces la diferencia entre la tasa de crecimiento del pago de salarios agregado E^L y el precio agregado del trabajo:

$\frac{\dot{L}}{L} = \frac{\dot{E}^L}{E^L} - \frac{\dot{W}}{W}$. Siendo $E^L = \sum_i w_i l_i$, y donde l_i y w_i son el número de trabajadores y el salario de trabajo del tipo i , respectivamente.

En este caso, el precio unitario agregado del trabajo, W , es definido como el pago mínimo necesario para comprar una unidad de trabajo agregado ($L = 1$). Minimizando el pago total en salarios sujetos a la restricción que $L = 1$, se obtiene la siguiente expresión para el precio unitario total del trabajo:

$$W = \sum_i w_i \left(\frac{l_i}{L} \right)$$

Luego, de manera similar a lo especificado para la tasa de crecimiento de la producción total, podemos diferenciar el salario agregado y el precio del trabajo total con respecto al tiempo para obtener una expresión para la tasa de crecimiento del trabajo total:

$$\frac{\dot{L}}{L} = \sum_i \left(\frac{w_i l_i}{E^L} \right) \left(\frac{\dot{l}_i}{l_i} \right)$$

Donde:

$\frac{\dot{l}_i}{l_i}$: Tasa de crecimiento del trabajo de tipo i .

$\frac{w_i l_i}{E^L}$: Participación del gasto en pagos de salarios de estos trabajadores.

De esta manera, la tasa de crecimiento del trabajo agregado puede ser calculada como un promedio ponderado de la tasa de crecimiento de cada tipo de trabajo, donde los pesos son la participación de los pagos de salario de la empresa sobre cada tipo de trabajo.

Como ya se ha mencionado, será necesario expresar la ecuación anterior en términos discretos para poder implementar empíricamente el enfoque primal, aspecto que como ya se ha mencionado, implica la consideración de índices de agregación, más específicamente, el índice de Fisher.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 33 de 49

De otro lado, es importante precisar que las posibilidades de implementar una debida desagregación de la tasa de crecimiento del trabajo en función a los diversos tipos de trabajadores dependerán fundamentalmente de la posibilidad de acceder a la información detallada de la evolución de las diversos tipos de trabajadores y de sus respectivos pagos en salarios.

4.1.2.2 Medición de la Tasa de Crecimiento de los Materiales

De manera similar al trabajo, se puede medir la tasa de crecimiento de la cantidad total de materiales como un promedio ponderado de las tasas de crecimiento de cada tipo de material, donde los pesos son los pagos a cada tipo de material como una participación de los gastos totales en materiales:

$$\frac{\dot{M}}{M} = \sum_i \left(\frac{p_{M_i} m_i}{E^M} \right) \left(\frac{\dot{m}_i}{m_i} \right)$$

Donde:

p_{M_i} : Precio del material de tipo i .

m_i : Cantidad de material de tipo i .

$E^M = \sum_i p_{M_i} m_i$: Gatos totales en materiales.

De manera similar, será necesario expresar la ecuación anterior en términos discretos para poder implementar empíricamente el enfoque primal, aspecto que como ya se ha mencionado, implica la consideración de índices de agregación, más específicamente, el índice de Fisher.

Asimismo, es importante precisar que la posibilidad de implementar una debida desagregación de la tasa de crecimiento de los materiales en función a sus diversos tipos dependerá fundamentalmente de la posibilidad de acceder a la información detallada de la evolución de los diversos tipos de materiales y de sus respectivos pagos.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 34 de 49

4.1.2.3 Medición de la Tasa de Crecimiento del Capital

De manera similar al trabajo y los materiales, se puede medir la tasa de crecimiento de la cantidad total de uso de capital como un promedio ponderado de las tasas de crecimiento de cada tipo de capital, donde los pesos son los pagos a cada tipo de capital como una participación de los gastos totales en capital:

$$\frac{\dot{K}}{K} = \sum_i \left(\frac{r_i k_i}{E^K} \right) \left(\frac{\dot{k}_i}{k_i} \right)$$

Donde:

r_i : Precio de alquiler del capital de tipo i .

k_i : Cantidad de capital de tipo i .

$E^K = \sum_i r_i k_i$: Gastos totales en capital.

Como ya se ha indicado, será necesario expresar la ecuación anterior en términos discretos para poder implementar empíricamente el enfoque primal, aspecto que como ya se ha mencionado, implica la consideración de índices de agregación, más específicamente, el índice de Fisher.

De otro lado, es necesario resaltar dos aspectos relevantes en materia de la estimación del uso del capital: i) el análisis de la heterogeneidad a través de las diferentes generaciones de capital y ii) la imposibilidad de observar el precio de alquiler pagado por el flujo de servicios provistos por el capital.

- **Agregación de Generaciones Diferentes de Capital**

Es muy probable que existan diferentes generaciones de un determinado tipo de capital. El motivo por el cual es importante este aspecto es que probablemente el capital de generaciones diferentes también presente diferencias en la calidad asociada. Hay dos posibles razones para esto.

Primero, una nueva generación de un determinado tipo de capital eventualmente incorpora tecnologías más modernas y por lo tanto, puede ser más eficiente que una generación más antigua. Segundo, las diferencias en la eficiencia entre generaciones sólo podrán ser generadas por el uso físico y el desgaste debido al uso.

Para tales efectos, el supuesto básico a considerar es que la calidad de capital de una determinada generación disminuye a una tasa geométrica constante. Con este supuesto, la cantidad de capital en el tiempo t está dada por²⁹:

$$K_t = \sum_i (1 - \delta)^{t-i} I_{t-i}$$

Donde K_t es la cantidad de capital en el tiempo t , δ es la tasa de disminución de eficiencia, e I_{t-i} se refiere a la cantidad de capital comprado por la empresa en el tiempo $t - i$. Esta metodología, conocida como el método de “inventarios perpetuos”, es comúnmente expresada de la siguiente manera:

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + I_t$$

En suma, se necesita dos fuentes de información para calcular la tasa de crecimiento del capital, en específico, los datos sobre la inversión pasada de la firma y un estimado del parámetro que mide la disminución de eficiencia, comúnmente equivalente a las tasas de depreciación (δ).

- **Precio de Alquiler del Capital**

El segundo problema asociado a las mediciones de uso de capital es que típicamente el precio de alquiler no es observable. A diferencia del insumo trabajo en donde hay un pago de salario observable a cada trabajador, la mayoría de las empresas no hacen pagos explícitos para su uso de capital. La

²⁹ Nótese que $K_0 = I_0$.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 36 de 49

manera usual de imputar el precio de alquiler del capital es apelar a la condición de arbitraje sugerida por Christensen y Jorgenson (1969):

$$r_{i,t} = \left[\frac{1 - (\text{tax}_t)z_i}{1 - \text{tax}_t} \right] [(WACC)p_{i,t-1} + \delta_i p_{i,t} - (p_{i,t} - p_{i,t-1})]$$

Donde:

$r_{i,t}$: Costo de uso del capital del tipo i en el período t .

$p_{i,t}$: Precio del activo i en el periodo t .

WACC : Tasa de costo de oportunidad del capital después de impuestos.

δ_i : Tasa de depreciación correspondiente al activo i .

tax_t : Tasa impositiva efectivamente pagada por la empresa en el periodo t .

z_i : Valor presente de la depreciación deducida con fines fiscales sobre una unidad monetaria de inversión.

Esta fórmula es consistente con la existencia de activos fijos o bienes de capital que tienen diferentes edades y por lo tanto el grado de eficiencia de cada uno depende de una tasa de depreciación constante que se aplica en forma geométrica de acuerdo al tiempo transcurrido entre la compra del activo hasta el periodo actual.

4.2 Medición del Cambio en la Productividad Total de Factores bajo el Enfoque Dual

Sobre la base del marco conceptual desarrollado, en la presente sección se exponen los principales criterios metodológicos para la implementación del enfoque dual.

4.2.1 Medición bajo el Enfoque Dual en la Empresa

Dentro de este enfoque, la información necesaria para calcular la tasa de crecimiento de la PTF es la siguiente: i) la tasa de crecimiento del precio del producto de la firma;

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 37 de 49

ii) la tasa de crecimiento de los salarios; iii) la tasa de crecimiento del precio del alquiler del capital; iv) la tasa de crecimiento del precio de los insumos; v) la tasa de crecimiento de la participación de la ganancia; y vi) un cálculo aproximado de la participación en el costo total del trabajo, el capital y las ganancias.

Acorde con el marco conceptual desarrollado, el precio del producto agregado debe ser definido como el promedio ponderado del precio de cada producto individual de la empresa, donde los pesos son las participaciones de cada producto en el gasto total. La tasa de crecimiento del precio agregado puede entonces ser expresada como:

$$\frac{\dot{P}}{P} = \sum_i \left(\frac{y_i p_i}{E^Y} \right) \left(\frac{\dot{p}_i}{p_i} \right)$$

Como se ha indicado, un segundo insumo para implementar el enfoque dual son los cálculos aproximados de la tasa de crecimiento tanto de los precios de los factores (salarios, precio del alquiler de capital, precio de materiales) como de la participación de la ganancia. En este caso, el tema de la agregación para calcular los salarios, el precio de alquiler y el precio de materiales es exactamente el mismo que cuando se calcula el stock de capital total, la fuerza laboral efectiva y la cantidad total de materiales en el enfoque primal.

Específicamente, la tasa de crecimiento del precio agregado de alquiler del capital es:

$$\frac{\dot{K}}{K} = \sum_i \left(\frac{r_i k_i}{E^K} \right) \left(\frac{\dot{r}_i}{r_i} \right)$$

Intuitivamente, la tasa de crecimiento del precio agregado de alquiler de capital es equivalente a un promedio ponderado de la tasa de crecimiento del precio de alquiler de cada variedad de capital ($\dot{r}_i$), donde los pesos son las participaciones de los pagos a cada tipo de capital como una porción de los pagos totales al capital.

De manera similar, el crecimiento del salario agregado es calculado como un promedio ponderado de la tasa de crecimiento de los salarios de cada tipo de trabajo, donde los pesos son la participación de los pagos salariales a cada tipo de trabajador en los pagos totales de salarios:

$$\frac{\dot{W}}{W} = \sum_i \left(\frac{w_i l_i}{E^W} \right) \left(\frac{\dot{w}_i}{w_i} \right)$$

Finalmente, la tasa de crecimiento del precio agregado de materiales es calculado como un promedio ponderado de la tasa de crecimiento del precio de cada tipo de material, donde los pesos son la participación de los gastos en cada tipo de material sobre los gastos totales en insumos intermedios:

$$\frac{\dot{P}_M}{P_M} = \sum_i \left(\frac{P_{M_i} m_i}{E^M} \right) \left(\frac{\dot{P}_{M_i}}{P_{M_i}} \right)$$

Al igual que casos anteriores, es importante reiterar la necesidad de expresar las ecuaciones anteriores en términos discretos para poder implementar empíricamente el enfoque dual.

Un aspecto a detallar es la identificación de la intuición asociada a la relación entre el mecanismo de regulación por precios tope y la teoría de la contabilidad del crecimiento dual. Para tal efecto, se considera que la tasa de crecimiento del nivel de precios es establecida de manera directa como la tasa de crecimiento de los precios de los insumos menos la tasa de crecimiento de la *PTF* de la empresa regulada:

$$\frac{\dot{P}_{\text{tope}}}{P_{\text{tope}}} = \frac{\dot{W}}{W} - [\dot{Y} - \dot{Z}]$$

Si el índice de precios de los factores de producción es medido como un promedio ponderado de los precios de los factores de producción, donde los pesos sean la participación de los gastos de cada factor en los costos totales y el crecimiento en la

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 39 de 49

PTF es medido bajo el enfoque dual, la tasa de crecimiento del precio sería entonces:

$$\frac{\dot{P}_{\text{tope}}}{P_{\text{tope}}} = \frac{\dot{P}}{P} - \frac{\Pi}{C} \left[\frac{(\Pi/PY)}{(\Pi/PY)} \right]$$

Dicha expresión indica que la tasa de crecimiento del precio tope estaría determinada por la tasa de crecimiento del precio del producto real menos la tasa de crecimiento de la participación de la ganancia sobre el nivel de ingresos totales ajustada por la proporción de ganancias en el costo total.

La intuición es que si las empresas fijaran precios con un margen de ganancia constante sobre el costo marginal, la tasa de crecimiento del precio tope sería exactamente igual a la tasa de crecimiento del precio del producto. Sin embargo, si el poder de mercado de la empresa regulada ha estado aumentando con el tiempo, la fórmula del precio tope fuerza a la empresa a fijar un precio con un margen de ganancia constante sobre el costo marginal mediante la resta del efecto de la creciente participación de la ganancia.

De otro lado, aunque es natural interpretar el crecimiento de la *PTF* como la tasa de cambio técnico, también es posible que pueda captar el efecto de rendimientos crecientes a escala, aspecto que ha sido precisado por Denny, Fuss y Waverman (1981) en su estudio de la *PTF* en la industria de telecomunicaciones canadiense. Sin embargo, independientemente de si el crecimiento en la *PTF* ha sido estimado bajo el enfoque primal o dual, ello no será un problema si el objetivo del mecanismo de precios tope es el de generar incentivos para que la empresa regulada fije precios con un margen de ganancia constante sobre sus costos marginales.

En ese sentido, dado el objetivo final, no resulta necesario identificar si una reducción en el costo marginal de una empresa es atribuible al cambio técnico o si es debido a la expansión de producto en un contexto de rendimientos crecientes a escala. Es decir, si las empresas estuvieran fijando el precio en un margen constante sobre el costo marginal, una disminución en el costo marginal debido a rendimientos

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 40 de 49

crecientes a escala se traspasaría a los consumidores a través de precios más bajos en la misma manera que lo haría por una disminución en el costo marginal atribuible al cambio técnico.

Complementariamente, es importante precisar que el único supuesto que se ha hecho para obtener la ecuación dual es la condición de que el ingreso total es igual a la suma de pagos de factores y los beneficios. Ningún otro supuesto es necesario para este resultado, ni sobre la forma de la función de producción, ni sobre el sesgo del cambio tecnológico, o la relación entre los precios de los factores y sus productos marginales sociales.

Asimismo, cabe reiterar que mientras los datos sobre las cantidades de factores sean compatibles con los datos sobre los gastos en factores y las ganancias, la estimación bajo el enfoque dual del crecimiento en la *PTF* debe ser idéntica al resultado obtenido bajo el enfoque primal.

4.2.2 Medición bajo el Enfoque Dual en la Economía

El enfoque dual también permite considerar distintos tipos de capital y trabajo. Es ese sentido, se considera que la tasa de crecimiento del precio de renta agregado es un promedio ponderado de la tasa de crecimiento de los precios de renta de los distintos tipos de capital. Esto es:

$$\frac{\dot{R}}{R} = \sum_i \left(\frac{r_i k_i}{RK} \right) \left(\frac{\dot{r}_i}{r_i} \right)$$

Asimismo, la tasa de crecimiento del salario agregado será un promedio ponderado de la tasa de crecimiento de los salarios de los distintos tipos de mano de obra:

$$\frac{\dot{W}}{W} = \sum_j \left(\frac{w_j l_j}{WL} \right) \left(\frac{\dot{w}_j}{w_j} \right)$$

	DOCUMENTO	N° 526-GPRC/2012 Página : Página 41 de 49
	INFORME	

5. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo anterior se formulan las siguientes conclusiones para la estimación del Factor de Productividad:

- ❖ El Factor de Productividad para el período 2013-2016 se calculará como la suma de: i) la diferencia entre la tasa de crecimiento de la productividad de la empresa concesionaria y la tasa de crecimiento de la productividad de la economía, y ii) la diferencia entre la tasa de crecimiento de los precios de los insumos de la economía y la tasa de crecimiento de los precios de los insumos de la empresa. Esta metodología es concordante con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 003-2007-MTC que incorpora al Decreto Supremo N° 020-98-MTC el Título I “Lineamientos para Desarrollar la Competencia y la Expansión de los Servicios de Telecomunicaciones en el Perú”
- ❖ Se utilizará el enfoque primal para calcular la tasa de crecimiento de la Productividad Total de Factores de la empresa. El uso de este enfoque es, además, consistente con anteriores procesos de revisión del Factor de Productividad.
- ❖ Considerando el análisis de los enfoques axiomático y económico se establece la conveniencia de utilizar el Índice Ideal de Fisher para la formulación discreta de las diversas variables necesarias en la estimación del Factor de Productividad, lo cual supone utilizarlo como metodología de agregación. El uso de esta metodología es además consistente con anteriores fijaciones del Factor de Productividad.
- ❖ Para el establecimiento del período de medición, el criterio central a utilizar será la consistencia metodológica entre las mediciones de productividad de la empresa y de la economía, en concordancia con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 003-2007-MTC que incorpora al Decreto Supremo N° 020-98-MTC el Título I “Lineamientos para Desarrollar la Competencia y la Expansión de los Servicios de Telecomunicaciones en el Perú”.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 42 de 49

6. BIBLIOGRAFÍA

Akerberg, D. A. y K. Caves (2003) "Structural Identification of Production Functions", mimeo, University of California, Los Angeles.

Akerberg, D., K. Caves y G. Frazer (2005) "Structural Identification of Production Functions". Manuscrito preliminar. Univ. of Arizona / UCLA / Rotman School of Business, Toronto.

Antonelli, C. (1996) "The Network of Networks: Localized Technological Change in Telecommunications and Productivity Growth," Information Economics and Policy 8, pp. 317-335.

Antras, P., y H. Voth (2003) "Factor Prices and Productivity Growth during the British Industrial Revolution," Explorations in Economic History 38.

Armstrong, M., S. Cowan y J. Vickers (1994) "Regulatory Reform: Economic Analysis and British Experience". MIT Press.

Arrow, K. (1962) "The Economic Implications of Learning by Doing". The Review of Economic Studies, Vol. XXIX (3), Nº 80, Junio, pp 155 – 173.

Averch, H. y L. Johnson (1962) "Behavior of the Firm Under Regulatory Constraint", American Economic Review, Vol 52, Nº 5, pp 1053 – 1069.

Beesley, M. y S. Littlechild (1989) "The Regulation of Privatized Monopolies in the United Kingdom," RAND Journal of Economics, Vol. 20, No. 4, pp. 54-72.

Bernstein, J., y C. Zarkadas (2004) "Measurement of TFP Growth for US Telecommunications," in: Frontiers of Broadband, Electronic, and Mobile Commerce, editado por Cooper, R., y Madden, G., Heidelberg: Physica-Verlag, pp. 87-109.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 43 de 49

Bernstein J. y D. Sappington (1999) "Setting the X Factor in Price Cap Regulation Plans". Journal of Regulatory Economics. Vol. 16, pp: 5-25.

Caves, D., y L. Christensen (1988) "The Importance of Scale, Capacity Utilization, and Density in Explaining Interindustry Differences in Productivity Growth," The Logistics and Transportation Review, Vol. 24, pp. 3-32.

Christensen Associates (1999), Price Cap Design and X Factor Estimation for Peruvian Telecommunications Regulation, Reporte preparado para OSIPTEL, mimeo.

Christensen Associates (2001), Determination of the X Factor for the Regulation of Telefónica del Peru, Reporte preparado para OSIPTEL, mimeo.

Christensen, L. y D. Jorgenson (1969) "The Measurement of U.S. Real Capital Input, 1929-1967", Review of Income and Wealth, pp. 293-320.

Cooper, R., G. Madden, y G. Coble-Neal (2004) "Measuring TFP for an Expanding Telecommunications Network", in: Frontiers of Broadband, Electronic, and Mobile Commerce, editado por Cooper, R., and Madden, G., Heidelberg: Physica-Verlag, pp. 87-109.

Criscuolo, C., y R. Martin (2003) "Multinationals and U.S. Productivity Leadership: Evidence from Great Britain," UCL mimeo.

Dai, E., y N. Islam (2006) "Sources of Growth in Mainland China: An Investigation Using the Dual Approach," ICSEAD documento de trabajo.

Denison, E. (1961) "The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us". Washington, DC: Committee for Economic Development.

Denny, M., M. Fuss, y L. Waverman (1981) "The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries, with an Application to Canadian

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 44 de 49

Telecommunications,” en Productivity Measurement in Regulated Industries, Cowing T. y Stevenson, M., editores, New York: Academic Press, pp. 179-218.

Diewert, E. (1976) “Exact and Superlative Index Numbers,” Journal of Econometrics, Vol. 4, pp. 115-145.

Diewert, E. (1978), “Superlative Index Numbers and Consistency in Aggregation,” Econometrica Vol. 46, pp. 883-990.

Diewert, E. (2007), “Index Numbers” UBC Departmental Archives, UBC Department of Economics, revised 31 Jan 2007.

Federal Communications Commission (1997), Price Cap performance Review for Local Exchange Carriers. Fourth Report and Order. CC docket No. 96-262.

Fernandes, A. (2003), “Trade Policy, Trade Volumes, and Plant-Level Productivity in Colombian Manufacturing Industries,” Banco Mundial. Mimeo.

Foreman-Peck, J. y D. Manning (1988) “How Well is BP Performing? An International Comparison of Telecommunications Total Factor Productivity,” Fiscal Studies, Vol. 9 (3), pp. 54-67.

Foster, L., J. Haltiwanger, y C. Syverson (2005) “Reallocation, Firm Turnover, and Efficiency: Selection on Productivity or Profitability?” University of Chicago. Mimeo.

Frazer, G. (2004) “Firms Die?: A Look at Exit from Manufacturing in Ghana”. University of Toronto. Mimeo.

Fuss, M. (1994), “Productivity Growth in Canadian Telecommunications,” Canadian Journal of Economics 27 (2), pp. 371-392.

Gollop, F. (2000), The FCC X-Factor: 1996-1998 Update. Attachment 4 USTA Comments, CC docket No. 94-1 y 96-262.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 45 de 49

Gordon, R. (1990), The Measurement of Durable Goods Prices, Chicago: IL: University of Chicago Press for the NBER.

Griliches, Zvi. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. Econometrica, Vol. 25. Número 4, 501-522. Octubre 1957.

Griliches, Zvi. Productivity, R&D, and the Data Constraint. American Economic Review, 84, 1, 1-23. Marzo 1994.

Hall, R. (1988), "The Relationship Between Price and Marginal Cost in US Industry," Journal of Political Economy 96, pp. 921-947.

Hall, R., y D. Jorgenson (1967) "Tax Policy and Investment Behavior." American Economic Review, Vol. 57, pp. 638-655.

Harper, M., E. Berndt y D. Wood (1989) "Rates of Return and Capital Aggregation Using Alternative Rental Prices," en: D. Jorgenson y R. Landau (editors): "Technology and Capital Formation". MIT Press, pp. 331-72.

Hicks, J (1932), "The Theory of Wages". London: Macmillan.

Hirshleifer, J. y J. Riley (1992) "The Analytics of Uncertainty and Information". Cambridge University Press.

Hsieh, C. (2002) "What Explains the Industrial Revolution in East Asia: Evidence from the Factor Markets," American Economic Review, Vol. 92, Nº 3, pp. 502-526.

Hulten, C. y F. Wyckoff (1981) "The estimation of Economic Depreciation Using Vintage Asset Prices," Journal of Econometrics 33: pp. 31-50.

Hulten, C. (2000) "Total Factor Productivity: A Short Biography". NBER Working Paper Series. WP7471.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 46 de 49
	INFORME	

Jorgenson, D. y Z. Griliches (1967) "The Explanation of Productivity Change," Review of Economic Studies 34 (3), pp. 249-83.

Kasahara, H. y J. Rodriguez (2004) "Does the Use of Imported Intermediates Increase Productivity? Plant Level Evidence," Queens University, mimeo.

Kendrick, J. (1961), "Productivity Trends in the United States", Princeton University Press.

Laffont, J.J. (1989) "The Economics of Uncertainty and Information". MIT Press.

Lam, P-L. y T. Lam (2005) "Total Factor Productivity Measures for Hong Kong Telephone," Telecommunications Policy 29, 53-68.

Levinsohn, J. y M. Melitz (2001) "Estimating Firm-Level Productivity in Differentiated Product Industries," Harvard University mimeo.

Levinsohn, J. y A. Petrin (2003) "Estimating Production Functions using Inputs to Control for Unobservables", Review of Economic Studies. Vol. 70 No. 245, p317-341.

Lucas, R. (1988). "On the Mechanics of Economic Development". Journal of Monetary Economics, 22, Julio, pp 3 – 42.

Macho, I. y D. Pérez (1994) "Introducción a la Economía de la Información". Ariel, Economía, Barcelona.

Madden, G., S. Savage y J. Ng (2003) "Asia-Pacific Telecommunications Liberalisation and Productivity Performance," Australian Economic Papers 92 (Marzo), pp. 91-102.

Mansfield, Edwin. Technical Change and the Rate of Imitation. Econometrica. Vol. 29, No. 4, pp. 741-766. Octubre 1961.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012
	INFORME	Página : Página 47 de 49

Marshall, J. y W. Andrews (1944) "Random Simultaneous Equations and the Theory of Production", *Econometrica*, 12, 143-205.

Mundlak, Y. (1961), "Empirical Production Function Free of Management Bias," *Journal of Farm Economics* 43(1), pp. 44-56.

Nadiri, M., y B. Nandi (1999) "Technical Change, Markup, Divestiture, and Productivity Growth in the US Telecommunications Industry," *Review of Economics and Statistics* 81 (3), pp. 488-498.

Nadiri, M. y M. Schankerman (1981) "The Structure of Production, Technological Change, and the Rate of Growth of Total Factor Productivity in the US Bell System," en: *Productivity Measurement in Regulated Industries*, T. Cowing y R. Stevenson (editores), New York, Academic Press, pp. 219-417.

Narvaez, J., L. Quiso y M. Martinez (2006) "Evolución de las Tarifas del Servicio de Telefonía Fija". Gerencia de Políticas Regulatorias, OSIPTEL – Perú. Informe.

Nemoto, J. y S. Asai (2002) "Scale Economies, Technical Change, and Productivity Growth in Japanese Local Telecommunications Services," *Japan and the World Economy* 14, pp. 305-320.

Olley, S. y O. Pakes (1996) "The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry," *Econometrica* 64 (6), pp. 1263-1297.

Oniki, H., T.H. Oum, R. Stevenson y Y. Zhang (1994) "The Productivity Effects of the Liberalization of Japanese Telecommunications Policy," *Journal of Productivity Analysis* 5, pp. 53-79.

OSIPTEL, (2006), "Informe Sustentatorio del Instructivo para el Ajuste de Tarifas de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones de Categoría I de Telefónica del Perú". Informe N 029-2005-GPR/OSIPTEL - Agosto.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 48 de 49
	INFORME	

OSIPTEL (2006) “Principios Generales Metodológicos para la Estimación del Factor de Productividad (Setiembre 2007 – Agosto 2010)”.

OSIPTEL (2007) “Fijación del Factor de Productividad Aplicable al Periodo Setiembre 2007 – Agosto 2010”.

OSIPTEL (2009) “Principios Generales Metodológicos para la Estimación del Factor de Productividad (Setiembre 2010 – Agosto 2013)”.

OSIPTEL (2010) “Fijación del Factor de Productividad Aplicable al Periodo Setiembre 2010 – Agosto 2013”.

Pavcnik, N. (2002) “Trade Liberalization, Exit, and Productivity Improvements: Evidence from Chilean Plants,” Review of Economic Studies 69, pp. 245-76.

Riordan, M. y L. Cabral (1989) “Incentives for Cost Reduction Under Price Cap Regulation”, Journal of Regulatory Economics, Vol 1, Nº 2, pp 93 – 102.

Romer P. (1990) “Endogenous Technological Change”, Journal of Political Economy, Vol. 98, No. 5.

Sala-i-Martin, X. y R. Barro (2003) “Economic Growth, second edition”. MIT Press.

Sappington (2002) “Price Regulation”, en M. Cave, S. Majumdar e I. Vogelsang (editores), The Handbook of Telecommunications Economics. Volume I: Structure, Regulation and Competition: 225-293. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.

Selvanathan E.A. y D. Prasada Rao (1994). “Index Numbers. A Sochastic Apprach” . The University of Michigan Press.

Sivadasan, J. (2004) “Barriers to Entry and Productivity: Micro-Evidence from Indian Manufacturing Sector Reforms,” University of Michigan, mimeo.

	DOCUMENTO	Nº 526-GPRC/2012 Página : Página 49 de 49
	INFORME	

Solow, R. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function," Review of Economics and Statistics 39(3), pp. 312-20.

Spavins, T., y J. Lande (1990) "Total Telephone Productivity in the Pre and Post-Divestiture Periods," FCC CC docket 87-313, Supplemental Notice of Proposed Rulemaking, Appendix D.

Tinbergen, J. (1942) "On the Theory of Trend Movements", en: Jan Tinbergen, Selected Papers, Amsterdam, North-Holland, 1959, pp. 182-221.

Topalova, P. (2003) "Trade Liberalization and Firm Productivity: The Case of India," MIT mimeo.

Yoon, C. (1999) "Liberalisation Policy, Industry Structure, and Productivity Changes in Korea's Telecommunications Industry," Telecommunications Policy 23, pp. 289-306.

Young, A. (1992) "A Tale of Two Cities: Factor Accumulation and Technical Change in Hong Kong and Singapore", NBER Macroeconomics Annual, pp. 13-54.

Wederbang, F. (1965) "Development of a Population of Industrial Firms". Oslo: Scandinavian University Books.