



Lima, 19 de noviembre de 2024

Señores

Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRÁN)

Calle Los Negocios 182, Piso 2, Surquillo, Lima-Perú

Presente.-

Asunto: Comentarios y sugerencias a la Propuesta de Revisión del Factor de Productividad en el Terminal Portuario General San Martín para el periodo 2025-2030 con relación al cálculo del precio implícito del capital.

Estimados Señores:

Por medio de la presente, tengo el agrado de saludarlos cordialmente y hacerles llegar el informe "**Comentarios metodológicos con respecto a precios implícitos de capital negativos en el contexto de la revisión tarifaria del Terminal Portuario General San Martín**". Este documento contiene los comentarios y sugerencias a la Propuesta de Revisión del Factor de Productividad en el Terminal Portuario General San Martín para el periodo 2025-2030 por parte de **APOYO Consultoría** con relación al cálculo del precio implícito del capital por encargo de APM Terminals.

A continuación, se detallan los principales hallazgos del informe:

- Sobre los precios negativos: Se ha identificado que los precios negativos en el cálculo del precio implícito de capital son consecuencia de la sensibilidad de la fórmula simplificada a fluctuaciones en los deflatores utilizados. Este fenómeno compromete tanto la consistencia metodológica como la interpretación económica de los resultados.
- Transformaciones propuestas: La literatura económica ofrece soluciones metodológicas, como transformaciones hiperbólicas, que permiten abordar el problema de los precios negativos sin necesidad de recurrir a ajustes arbitrarios entre deflatores. Estas transformaciones son consistentes con el marco teórico de los precios implícitos.
- Sostenibilidad de la metodología: Las transformaciones recomendadas no solo resuelven los problemas actuales, sino que también ofrecen una solución sostenible a largo plazo. Al mitigar la sensibilidad de la fórmula simplificada frente a fluctuaciones futuras en los índices utilizados.

En virtud de lo expuesto, se solicita considerar estas recomendaciones para garantizar la consistencia metodológica, preservar la interpretación económica de los precios implícitos y fortalecer la confianza en el marco regulatorio. Estas acciones permitirán abordar de manera sostenible los desafíos actuales y sentar bases más sólidas para futuros procedimientos de revisión tarifaria.

Sin otro particular, quedo a su disposición en el teléfono 213-1100 anexo 106 para cualquier consulta que estimen pertinente.

Atentamente,

Vincent Poirier-Garneau

Representante Legal APOYO Consultoría S.A.C.

RUC: 20260496281

DNI: 48849476

Comentarios metodológicos con respecto a precios implícitos de capital negativos en el contexto de la revisión tarifaria del Terminal Portuario General San Martín

Elaborado por:



Lima, 19 de noviembre de 2024

Este estudio refleja la mejor opinión de APOYO Consultoría, con la información disponible a la fecha, respecto del tema en cuestión. El estudio constituye una opinión independiente y no condicionada por el cliente contratante



INTRODUCCIÓN

Para el proceso de revisión tarifaria del Terminal Portuario General San Martín, el Ositrán utiliza la metodología de precios tope RPI-X. En este proceso, se evalúa principalmente la productividad y los precios propios de la concesión en comparación con los de la economía en general.

En el caso específico de los precios de la concesión, de acuerdo con los “Lineamientos Generales a aplicarse en los procedimientos tarifarios bajo la metodología de precios tope o mecanismo RPI-X” (en adelante, los Lineamientos Generales),¹ se utiliza una simplificación de la fórmula del precio de alquiler de capital propuesta por Christensen y Jorgenson (1969). Específicamente se señala lo siguiente:

“Anteriormente se señaló que, debido a la limitada disponibilidad de los datos, para efectos de obtener los precios y cantidades del insumo Capital resulta necesaria la aplicación de determinados supuestos. Así, para el caso del precio del capital, en todos los procedimientos llevados a cabo por el Ositrán el Regulador construyó un precio proxy del capital a partir de aplicación de la fórmula del precio de alquiler del capital, propuesta por Christensen y Jorgenson (1969), toda vez que el precio del capital de la empresa no es una variable observable directamente en el mercado”

Fuente: Ositrán (2024a, pág. 61)

El objetivo es relacionar el costo incurrido en la adquisición del activo, su pérdida de valor en el tiempo y el costo de oportunidad de la empresa en función del valor de dicho activo. Así, el cálculo del precio *proxy* de capital se define mediante la siguiente expresión:²

$$c_{m,t}^K = \frac{r_t P_{m,t-1} + \delta_m P_{m,t} - (P_{m,t} - P_{m,t-1})}{1 - u_t} \dots (1)$$

Donde,

$c_{m,t}^K$: Precio del capital correspondiente al activo m en el periodo t .

r_t : Costo del capital de la empresa en el periodo t .

δ_m : Tasa de depreciación del activo m .

$P_{m,t}$: Precio del activo m en el periodo t .

u_t : Tasa impositiva de la empresa en el periodo t .

Dada la fórmula simplificada que se utiliza, los precios pueden resultar negativos. Ello debido a las fuertes fluctuaciones en el tipo de cambio o en los índices de precios.

¹ Documento de Ositrán titulado “Lineamientos Generales a aplicarse en los procedimientos tarifarios bajo la metodología de precios tope o mecanismo RPI-X” (ver [enlace](#)).

² El Ositrán estima precios *proxy* al no disponer de una unidad de medida específica para ciertos servicios o categorías. Los estima a partir un índice de precios corregido por tipo de cambio.

Figura 1. Ejemplo ilustrativo de la posibilidad de obtener precios negativos

Si este término es muy grande, puede hacer que el precio sea negativo

$$c_{m,t}^K = \frac{r_t P_{m,t-1} + \delta_m P_{m,t} - (P_{m,t} - P_{m,t-1})}{1 - u_t}$$

Ejemplo ilustrativo $c_{m,t}^K = \frac{5 + 3 - (10)}{1 - 0.3} = -2.85$

Elaboración: APOYO Consultoría.

En el caso que se obtengan valores negativos para el precio implícito del capital, se interpretaría, tal como lo hace el Ositrán, como que el arrendatario debería recibir una contraprestación por el uso de los activos.³ Ello dificultaría la interpretación de los resultados.

Sin perjuicio de lo anterior, este problema de precios negativos no es nuevo. Durante el proceso de revisión tarifara del Terminal Portuario General San Martín, producto de aumentos en uno de los índices de precios, el valor del precio implícito del capital vinculado a algunos activos ha sido calculado como negativo. Este fenómeno se observó por primera vez en la segunda revisión de TISUR,⁴ y ha habido algunos casos desde entonces, aunque principalmente vinculados al tipo de cambio.⁵

Tabla 1. Precedente con precios negativos

	2009	2013	2014	2018	2019
					
	2da revisión	2da revisión	3era revisión	3era revisión	4ta revisión
Aplicación	A toda la serie	Observaciones con precios negativos			
Ajuste	Aplicación combinada del IPM en soles para rubros con precios negativos y IPM en dólares para el resto				

Fuente: Ositrán. **Elabración:** APOYO Consultoría

A diferencia de los precedentes mencionados, la causa de los precios implícitos de capital negativos se asocia a cambios en uno de los deflatores utilizados por el Ositrán. En este contexto, el Ositrán, en base a lo propuesto por el concesionario, ha propuesto utilizar el IPME ajustado por tipo de cambio en lugar de usar del IPMC (deflactor para activos vinculados a

³ Informe Conjunto N° 0028-2019-IC-OSITRAN.

⁴ Resolución del Consejo Directivo N° 029-2009-CD/OSITRAN

⁵ Primera revisión de TISUR (Resolución del Consejo Directivo N° 030-2004-CD/OSITRÁN); tercera revisión de TISUR (Resolución del Consejo Directivo N° 035-2014-CD/OSITRAN); segunda revisión de LAP (Resolución del Consejo Directivo N° 059-2013-CD/OSITRAN).



materiales de construcción), con la finalidad de corregir los precios negativos.⁶

Sin perjuicio de ello, como se explica en este documento, esta no resulta la opción adecuada para solucionar la dificultad metodológica encontrada. Adicionalmente, como se detalla más adelante, existen alternativas metodológicas que, de acuerdo con la literatura, son más pertinentes.

PROBLEMAS ASOCIADOS AL CAMBIO DE DEFLACTORES

El uso de deflatores es fundamental en el análisis económico y regulatorio. De acuerdo con Mankiw (2012), el deflactor refleja el nivel actual de precios en relación con el nivel de precios en el año base. En ese sentido, permite ajustar los valores monetarios para eliminar los efectos de la inflación o cambios generales de precios, asegurando así la comparabilidad de los datos en términos reales. Un deflactor adecuado debe reflejar con precisión las variaciones específicas de precios que afectan a los bienes o servicios bajo análisis, permitiendo que los cálculos mantengan su relevancia económica (Baldwin & Macdonald, 2009). La teoría económica señala que, al ajustar por deflatores, los precios de los activos deben representar las condiciones reales del mercado, evitando distorsiones que puedan comprometer la interpretación de los resultados.

En el contexto de una revisión tarifaria, la elección de deflatores es crucial para garantizar que las tarifas reflejen de manera justa los costos reales asociados al mantenimiento y operación de los activos en el tiempo. Según los principios de consistencia y relevancia económica, los índices seleccionados deben estar estrechamente relacionados con las características del sector y los insumos analizados. Esto asegura que los precios implícitos calculados mantengan su sentido económico, ya que cualquier discrepancia entre el deflactor y la naturaleza del activo podría generar valores poco representativos o inconsistentes. Por ello, con respecto a los deflatores, el Ositrán ha buscado que se condigan con los activos que deflactan.

*“(...) en los procedimientos tarifarios llevados a cabo en el año 2019, el Regulador optó por utilizar el Índice de Precios de Maquinaria y Equipo (IPME) en lugar del Índice de precios al por Mayor (IPM), ambos ajustados por tipo de cambio, **en la medida que el IPME se encuentra conformada por una canasta con mayor representatividad de bienes de capital.** En esa misma línea, en el caso de la segunda revisión tarifaria de DPW (2020) y APMT (2021), el Regulador consideró la utilización del Índice de Precios de Maquinaria y Equipo (IPME), corregido por tipo de cambio, para el caso de los activos relacionados con equipamiento portuario y el Índice de Precios de Materiales de Construcción (IPMC), corregido por tipo de cambio, para el caso de los activos relacionados con infraestructura portuaria”. [Énfasis agregado].*

Fuente: Ositrán (2023b, p. 52)

En ese contexto, el Ositrán ha modificado en el tiempo el deflactor que considera óptimo, pasando del Índice de Precios al Por Mayor (IPM), por una combinación de los índices de Precios de Materiales de Construcción (IPMC) y de Maquinaria y Equipo (IPME). Este cambio en concreto fue justificado por la necesidad de reflejar de manera más precisa la naturaleza del precio del capital.

⁶ Revisión tarifaria de oficio del factor de productividad en el terminal portuario de Matarani, 2024-2029 (Ositrán, 2024)



“Si bien en la primera revisión tarifaria de DP World se utilizó el IPM (Índice de Precio al por Mayor), resulta razonable emplear el IPME, toda vez que este último índice, a diferencia del IPM, incorpora en su canasta representativa únicamente bienes de capital que son utilizados por las empresas para el proceso de producción, por lo que permite obtener un dato más preciso respecto al precio del activo”

Fuente: Ositrán (2020, pág. 51)

Este enfoque combinado, de acuerdo con el Ositrán, busca equilibrar la representación de los costos relevantes para diferentes tipos de activos, asegurando que los deflatores utilizados sean consistentes con las características del sector regulado. De esta manera, se justificó el cambio como una medida técnica para mejorar la precisión y la robustez del cálculo del precio implícito de capital, alineando los índices utilizados con la naturaleza específica de los activos regulados.

Esta visión es consistente con lo señalado en la propuesta con relación a la revisión tarifaria del Terminal Portuario General San Martín. En efecto, se menciona lo siguiente:

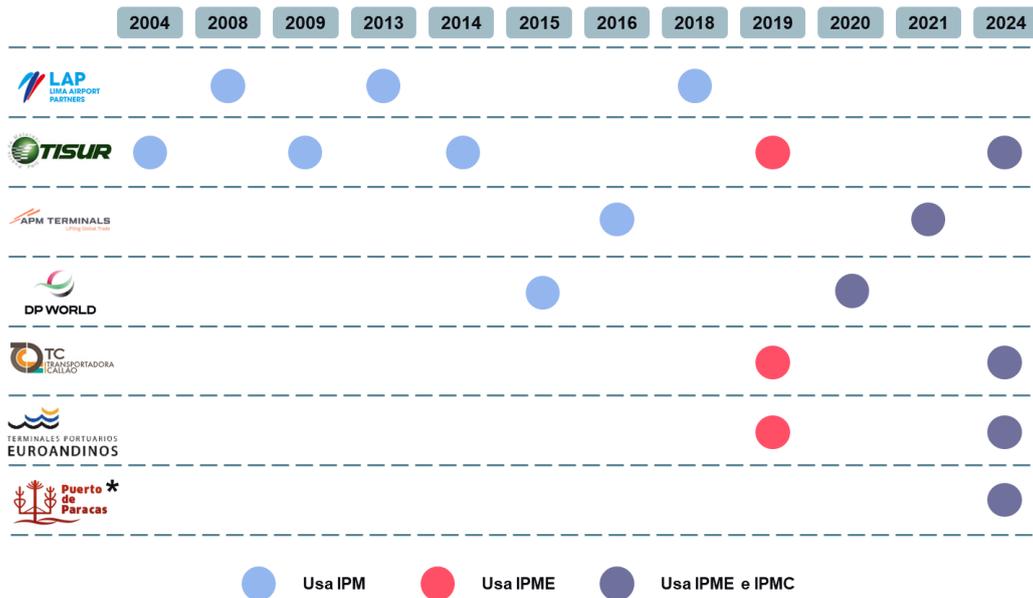
“Los activos que forman parte del TPGSM pueden clasificarse por su naturaleza en obras civiles y equipamiento. Considerando ello y con la finalidad de que el precio representativo del activo se encuentre acorde con su naturaleza, el precio representativo de los activos que representen obras civiles (por ejemplo, muelle, edificios, entre otros) será aproximado mediante el IPMC, en tanto este índice comprende precios de materiales de construcción en general. Por otra parte, en el caso de los activos referidos a equipamiento, se utilizará como precio representativo al IPME, ya que este índice incorpora precios de maquinarias y equipos en general. Se debe destacar que la serie del valor de los activos se encuentra expresada en dólares, por lo que ambas series (IPMC e IPME) estarán ajustadas por tipo de cambio. Cabe precisar que este criterio ha sido utilizado en recientes procedimientos tarifarios como la segunda revisión tarifaria de TMS y la segunda revisión tarifaria de TNM.

Fuente: Ositrán (2024b, pág. 55)

Así, el regulador argumentó, incluso en este caso, que la adopción del IPMC permite representar mejor las dinámicas de los costos asociados a componentes estructurales y materiales de construcción, mientras que el IPME incorpora la evolución de los precios de los activos técnicos más específicos. A pesar de ello, luego el Ositrán ha propuesto utilizar el IPME en lugar del IPMC en activos relacionados con precios implícitos de capital negativos sin evaluar la inconsistencia que genera el uso de un deflactor que no considera óptimo.⁷

⁷ En esta ocasión el fenómeno es provocado por las fluctuaciones propias del índice de precios en lugar de las variaciones en el tipo de cambio.

Figura 1. Deflatores Utilizados en Revisiones Tarifarias



Nota: La revisión tarifaria del Terminal Portuario General San Martín sigue en proceso, pero ambas partes han propuesto usar IPME e IPMC como parte de la metodología. **Fuente:** Ositrán – Consultas Tarifarias. **Elaboración:** APOYO Consultoría.

En opinión de APOYO Consultoría, el cambio propuesto en el deflactor tampoco sería una alternativa adecuada. A pesar de que elimina valores negativos en los precios implícitos del capital en esta revisión, genera dos nuevos problemas: (i) resta capacidad de interpretación económica de los resultados y (ii) pone en riesgo la sostenibilidad de la fórmula en un futuro.

Sobre el primer problema, al cambiar de manera arbitraria entre deflatores sin una justificación técnica sólida, se diluye el objetivo del regulador de buscar índices adecuados para representar las características específicas del activo regulado. Específicamente, deflactar activos vinculados a la construcción con índices que miden la dinámica de precios de otros productos altera artificialmente los precios relativos evaluados. En consecuencia, debido a la incorporación de este sesgo, el precio estimado pierde el sentido económico que originalmente se buscaba rescatar, y debilita su utilidad como herramienta regulatoria cuando se utiliza para comparar los precios de la empresa con los de la economía.

De otro lado, el segundo problema se genera porque el IPME no está exento de estar sujeto a cambios similares a los observados en el IPMC en los próximos años. Específicamente, en un escenario donde ambos deflatores generen precios negativos en un mismo año, el regulador se encontraría sin opciones viables para corregir la serie de manera consistente, exponiendo las limitaciones de este enfoque.

En este contexto, resulta fundamental revisar, desde la teoría, así como de los Lineamientos Generales, la forma en que se puede corregir estos resultados salvaguardando, a la vez, la interpretabilidad económica de los resultados y la sostenibilidad de su aplicación.

MARCO CONCEPTUAL DEL CÁLCULO DE PRECIOS IMPLÍCITOS

Los Lineamientos Generales (pág. 48) establecen que el cálculo del precio implícito de capital se basa en el modelo desarrollado por Christensen & Jorgenson (1969), quien a su vez



fundamenta su propuesta por Hall & Jorgenson (1967).⁸ Estos últimos analizan la ecuación, derivándola desde sus principios fundamentales y, en su forma final, adopta una estructura logarítmica. Específicamente, Hall & Jorgensen encuentran que la relación entre el precio de los servicios de capital c y el precio de los bienes de capital q pasa a ser:

$$c = q[(1 - u)\rho + \delta] \frac{1-k-uz}{1-u} \dots (2)$$

Donde:

$$z = \int_t^\infty e^{-(1-u)\rho(s-t)} D(s-t)] ds \dots (3);$$

$$q(t) = \int_t^\infty e^{-(1-u)\rho(s-t)} [e^{-\delta(s-t)}(1-u)c(s) + uq(t)(1-k)D(s-t)] ds + kq(t) \dots (4)$$

Esta formulación implica que el precio del capital, siendo una función creciente y definida en el dominio positivo, no puede asumir valores negativos. De hecho, la naturaleza logarítmica de la ecuación garantiza que los valores del precio implícito del capital reflejen siempre una valoración positiva o, en el límite, nula.

En este contexto, la presencia de precios negativos en el modelo simplificado del Ositrán no implica necesariamente que el valor del capital sea efectivamente negativo. Más bien, estos valores negativos surgen como una consecuencia técnica de la simplificación de la fórmula original para facilitar su aplicación en el entorno regulatorio.

En términos prácticos y económicos, los valores negativos encontrados a través del modelo simplificado utilizado en la propuesta del Ositrán son una aproximación a precios implícitos bajos. Sin embargo, estos valores no representan una pérdida real de valor en el activo, sino que son un indicador de condiciones extremas en las variables del modelo, como fluctuaciones en el tipo de cambio, incrementos abruptos en los deflatores o altos niveles de depreciación en relación con los precios estimados.

DISCUSIÓN METODOLÓGICA

El Ositrán enfrenta el desafío de adaptar la aplicación de su metodología de manera que minimice los problemas de precios negativos sin perder el sentido económico. El uso de la fórmula simplificada, aunque útil en términos operativos, introduce el riesgo de valores negativos. Sin embargo, dado que la derivación de la fórmula original parte de una función logarítmica y requiere un conjunto de datos amplio y detallado sobre los activos específicos, su aplicación directa en el entorno regulador es compleja y, en muchos casos, impracticable.

La literatura económica y financiera ha documentado previamente la aparición de precios negativos en diversos contextos, como los mercados de energía, opciones financieras y modelos tarifarios, sin que ello implique necesariamente una pérdida de sentido económico. En muchos casos, estos precios negativos reflejan condiciones específicas del mercado, como costos de almacenamiento, restricciones técnicas o alta volatilidad, más que una valoración económica incorrecta. Por ejemplo, en los mercados eléctricos, los precios negativos se producen debido a la imposibilidad de almacenar electricidad y la necesidad de equilibrar oferta y demanda en tiempo real (Sewalt & De Jong, 2003). Asimismo, en el ámbito

⁸ Resolución del Consejo Directivo N° 0013-2023-CD-OSITRAN



financiero, Ruff (2018) destaca que precios negativos en ciertos instrumentos derivados pueden surgir incluso en entornos de no arbitraje, como consecuencia de dinámicas de mercado no lineales.

Para abordar estos escenarios, se han propuesto metodologías que buscan rescatar el valor económico subyacente de estos precios, como transformaciones o distribuciones desplazadas que estabilizan los cálculos y preservan la interpretabilidad económica. Estas estrategias no solo previenen la eliminación arbitraria de valores negativos, sino que también garantizan que los modelos sigan siendo consistentes y aplicables ante escenarios de alta volatilidad. Algunas de las propuestas a discutir se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Propuestas metodológicas para lidiar con precios negativos

Autor(es)	Metodología	Fórmula
Schneider (2011)	Seno hiperbólico de área	$\sinh^{-1}(p) = \ln\left(p + \sqrt{p^2 + 1}\right)$ $\approx \text{sign}(p) * \ln(2 p)$
Jones & Pewsey (2009)	Seno-arcoseno hiperbólico	$\sinh(\varepsilon + \sigma * \text{arcsinh}(p))$
Crastes (2021)	Logarítmica	$\ln(p - \varepsilon)$

Fuentes: Schenider (2011), Jones & Pewsey (2009), Crastes (2021). Elaboración: APOYO Consultoría.

Las metodologías propuestas en la literatura demuestran que es posible abordar de manera efectiva los precios negativos, rescatando su significado económico y permitiendo que estos valores sean reinterpretados como parte integral del análisis. Transformaciones como el seno hiperbólico de área, el seno-arcoseno hiperbólico y la logarítmica ajustada han sido desarrolladas con el propósito de reducir el impacto de los valores extremos, estabilizando las distribuciones y preservando los valores centrales de los datos. De este modo, estas metodologías integran de forma coherente al marco analítico los resultados ante cambios relevantes en la dinámica de precios, asegurando que los modelos resultantes sean robustos y consistentes.

Asimismo, la implementación de estas transformaciones no representa una barrera técnica ni operativa significativa. En efecto, las transformaciones propuestas se basan en fórmulas matemáticas simples que pueden integrarse sin dificultades en flujos de trabajo habituales con herramientas estándar como Excel⁹ u otros programas de análisis. Esto garantiza que su aplicación sea accesible incluso para equipos que no estén familiarizados con el uso previo de transformaciones similares, reduciendo la posibilidad de errores y facilitando su adopción en análisis regulatorios y tarifarios.

Además, estas alternativas son compatibles con el marco conceptual vigente. Al acercar la forma funcional de la fórmula simplificada a la fórmula original, permiten preservar la interpretación de los valores centrales, adaptando únicamente los extremos para reflejar de manera coherente las dinámicas del mercado o las particularidades de los datos analizados y sin requerir modificar el deflactor. De este modo, no solo se resuelven problemas técnicos como los precios negativos, sino que también se mantiene la consistencia de las conclusiones

⁹ Para más detalle ver Anexo 1.



extraídas del modelo. Esto las convierte en herramientas prácticas y alineadas con los objetivos regulatorios y conceptuales del análisis tarifario.

CONCLUSIÓN

En este documento se concluye que, de acuerdo con la literatura, para lidiar con el análisis de precios negativos, es posible aplicar alguna de las transformaciones sistematizadas en la Tabla 1. Dichas transformaciones son consistentes con los Lineamientos Generales y respeta el principio subyacente del cálculo de precios implícitos, basado en una función logarítmica. Dado que este tipo de funciones, por definición, nunca puede asumir valores negativos ni ser igual a cero, estas transformaciones preservan la integridad conceptual del modelo.

En contraposición, se encontró que el cambio de deflactor del IPMC por el IPME, cómo ha sido propuesto, solo bajo el argumento que permite corregir los precios negativos, resta la interpretación económica del valor deflactado y genera un sesgo innecesario en el modelo, limitando su comparabilidad con los precios de la economía. Asimismo, es un método que deja abierta la posibilidad que, ante cambios en otros índices como el IPME, este problema vuelva a aparecer sin que haya mucho espacio para que sean ajustados.

Así, al permitir la implementación de las metodologías sistematizadas en este documento, se garantiza el uso continuo del deflactor que se considere apropiado, indispensable para que la serie de precios conserve su interpretación económica, independientemente de cuánto haya variado. Además, esta solución no solo resuelve el problema actual de los precios negativos frente al IPMC, sino que también protege la metodología de futuras inconsistencias, incluso frente a fluctuaciones en el IPME o de otro índice de precios que se considere.



Referencias

- Hall, R., & Jorgenson, D. (1967). Tax Policy and Investment Behavior. *The American Economic Review*, 57(3), 391-414.
- Christensen, L., & Jorgensen, D. (1969). The Measurement of U.S. Real Capital Input, 1929-1967. *Review of Income and Wealth*, 15(4), 293-320.
- Crastes, R. (2021). A new shifted log-normal distribution for mitigating 'exploding' implicit prices in mixed multinomial logit models. *Journal of Choice Modelling*, 41.
- Jones, M., & Pewsey, A. (2009). Sinh-arcsinh distributions: a broad family giving rise to powerful tests of normality and symmetry. *Biometrika*, 96(4), 761-780.
- Ruf, J. (2018). Negative Call Prices. *Finance and Stochastics*, 22(4), 817-842.
- Schneider, S. (2011). Power Spot Price Models with negative Prices. *The Journal of Energy Markets*, 4(1), 77-102.
- Sewalt, M., & De Jong, C. (2003). Negative Prices in Electricity Markets. *Commodities Now*, 13(2), 16-19.
- Ositrán. (2020). *Informe Conjunto N° 00007-2020-IC-OSITRAN*.
- Ositrán. (2024). *Revisión tarifaria de oficio del factor de productividad en el terminal portuario de Matarani, 2024-2029*.
- Mankiw, N. (2012). *Principles of Economics* (6ta ed.). Cengage.
- Baldwin, J., & Macdonald, R. (2009). *PPPs: Purchasing Power or Producing Power Parities?*
- Ositrán. (2024b). *INFORME CONJUNTO N° 0076-2024-IC-OSITRAN*.
- Ositrán. (2024a). *Resolución N.° 013-2023-CD-OSITRAN*.
- Ositrán. (2023a). *Lineamientos Generales a aplicarse en los procedimientos tarifarios bajo la metodología de precios tope o mecanismo RPI-X*.
- Ositrán. (2023b). *INFORME CONJUNTO N° 0028-2019-IC-OSITRAN (GRE- GAJ)*.



ANEXO 1: Aplicación Práctica de Transformaciones Matemáticas para el Manejo de Valores Negativos

Para facilitar la implementación práctica de estas metodologías, se describe cómo pueden ser aplicadas en Excel de manera sencilla, asegurando precisión y evitando errores durante su operativización. Las fórmulas pueden integrarse directamente en las celdas de Excel utilizando las funciones estándar del software:

- **Transformación seno hiperbólico:** Utilizar la fórmula **=LN(celda + RAIZ(celda^2 + 1))**
- **Transformación seno-arcoseno hiperbólico:** Ingresar como fórmula **=SINH(epsilon + sigma * ASENH(celda))**, donde *epsilon* y *sigma* son parámetros ajustables que pueden configurarse en celdas específicas. Esto permite una gran flexibilidad para ajustar la transformación a las características particulares de los datos.
- **Transformación logarítmica ajustada:** Aplicar **=LN(celda - epsilon)**, asegurándose de que el parámetro *epsilon* sea positivo y mayor que los valores mínimos de la celda correspondiente. Esto previene errores de cálculo relacionados con dominios negativos en la función logarítmica.

Estas fórmulas han sido diseñadas para integrarse de manera intuitiva en las hojas de cálculo, minimizando la posibilidad de errores.