

Los impactos económicos de las restricciones al transporte de gas natural en el Perú: Un análisis de equilibrio general computable

Omar O. Chisari

Leonardo J. Mastronardi

Arturo Vásquez Cordano

Carlos A. Romero

Lima, Diciembre 2015



Osinergmin

ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería del Perú
Gerencia de Políticas y Análisis Económico

Los impactos económicos de las restricciones al transporte de gas natural en el Perú: Un análisis de equilibrio general computable

Los documentos de trabajo de Osinergmin buscan contribuir a la discusión de diferentes aspectos de la problemática del sector energético y minero desde un punto de vista académico. Osinergmin no se identifica, necesariamente, ni se hace responsable de las opiniones vertidas en el presente documento. Las ideas expuestas en los documentos de trabajo pertenecen a sus autores y no implican necesariamente una posición institucional de Osinergmin. La información contenida en el presente documento se considera proveniente de fuentes confiables, pero Osinergmin no garantiza su completitud ni su exactitud. Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores dada la información disponible y están sujetos a modificación sin previo aviso.

Documento de Trabajo N° 33, Gerencia de Políticas y Análisis Económico

Está permitida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente y los autores.

Autores: Omar O. Chisari, Leonardo J. Mastronardi, Arturo L. Vásquez Cordano y Carlos A. Romero

Primera versión: Diciembre 2015

Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información.

Citar el documento como: Chisari, Omar; Mastronardi, Leonardo; Vásquez Cordano, Arturo y Carlos Romero. *Los impactos económicos de las restricciones al transporte de gas natural en el Perú: Un análisis de equilibrio general computable*. Documento de Trabajo N° 33, Gerencia de Políticas y Análisis Económico – Osinergmin, Perú, 2015.

Para comentarios o sugerencias dirigirse a:

Osinergmin

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar

Lima, Perú

Tel. (511) 219-3400, anexo 1057; Fax (511) 219-3413

ISSN 2307 – 4272 (En línea)

Portal Corporativo

<http://www.osinergmin.gob.pe/>

Correo electrónico: avasquez@osinergmin.gob.pe, cbandini@osinergmin.gob.pe

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin
Gerencia de Políticas y Análisis Económico
Documento de Trabajo N° 33

Los impactos económicos de las restricciones al transporte de gas natural en el Perú: Un análisis de equilibrio general computable

Resumen^{1 2}

En este documento se evalúa el impacto sobre la economía peruana de eventos extremos. Se utiliza un modelo de equilibrio general computable de la economía peruana con énfasis en el sector energético. Dados los importantes descubrimientos de yacimientos de gas natural en el Perú y la relevancia que ha venido tomando el mismo tanto en la matriz energética como en la economía en su totalidad, resulta de relevancia analizar el impacto que generaría restricciones en el transporte que limiten su utilización tanto en el destino interno como con fines de exportación. Los resultados muestran un fuerte impacto sobre el PBI y los niveles de bienestar de los consumidores.

Palabras clave: Desastres, restricciones de transporte de gas, ductos, equilibrio general computable, Camisea, evaluación impacto económico.

Clasificación JEL: C58, D57, D58, L95, Q35, Q41, Q54.

¹ Omar Chisari es especialista en modelos de equilibrio general computable y cambio climático, así como profesor investigador del Instituto de Economía de la Universidad Argentina de la Empresa. Leonardo Mastronardi es consultor especializado en temas de energía y equilibrio general, así como profesor del Departamento de Economía y Finanzas de la Universidad Argentina de la Empresa. Arturo Vásquez Cordano es Gerente de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin, así como profesor de economía minera y negocios en la Escuela de Postgrado GÉRENS y profesor de economía del Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Carlos Romero es consultor de GPR Economía especializado en temas energéticos, de equilibrio general y defensa de la competencia. Los autores agradecen el apoyo de CONCYTEC por permitir el acceso a su base de datos bibliográfica, la cual se utilizó para desarrollar parte de este estudio. Este artículo (en su versión en inglés) se presentó en el II Congreso Anual de la Asociación Peruana de Economía en Lima, Perú (agosto del 2015), así como en el XXIII de la Conferencia sobre Modelos de Insumo Producto, en México DF. (junio del 2015). Se agradecen los comentarios y sugerencias de los participantes de estas conferencias a versiones preliminares de este documento.

² Una versión en inglés de este documento se encuentra disponible en: <https://ideas.repec.org/p/apc/wpaper/2016-061.html>.

Supervisory Agency of Investment in Energy and Mining – Osinerghmin
Bureau of Public Policy and Economic Analysis
Working Paper N° 33

The economic impacts of restrictions on a natural gas pipeline transportation system in Peru: A computable general equilibrium analysis

Abstract^{3 4}

Since 2000, there has been a noticeable progress in social and economic indicators of Peru. Even though the country risk has diminished dramatically, several threats remain. One of the key dangers is the possibility of involuntary (transitory or permanent) interruptions of the natural gas pipeline transportation system. Shortages of natural gas due to pipelines failures can wreak havoc on the Peruvian economy because it is a basic input for domestic manufacturing and household energy consumption, and because it generates important sources of revenues for the government.

Given the significant endowments of natural gas reserves in Peru (Camisea gas field) and the relevance that this fuel has taken in the Peruvian energy matrix and the national economy, it is important to analyze the impact that a transportation constraint on gas flows could have for the domestic consumers, as well as for LNG exports. Earthquakes, unexpected social unrest or intentional actions could interrupt the service of some of the fundamental pipelines of the grid, generating adverse impacts on the stability of the Peruvian economy. One pipeline with three branches connects the upstream to the distribution centers. To have a quantitative appraisal of the cost of disruption we built a CGE model for Peru, containing 26 sectors, two households (Rich and poor), a government and the rest of the world.

To take into account the economy wide impact of the interruption of gas supply, it is necessary to construct a model that gives the economic value of the infrastructure considering modifications of relative prices, markets reactions and income effects. This assessment can be also used to evaluate projects of protection and adaptation of the infrastructure. We simulate different

³ Omar Chisari is specialist in general equilibrium modelling and climate change, as well as professor and researcher at the Institute of Economics of the Argentinian University of Business. Leonardo Mastronardi is consultant in energy and general equilibrium issues, as well as professor at the Department of Economics and Finance at the Argentinian University of Business. Arturo Vásquez Cordano is Chief Economist and Manager of Public Policy and Economic Analysis at Osinerghmin, as well as professor of mineral economics and business at GÉRENS Graduate School of Business and professor of economics at the Department of Economics of the Pontifical Catholic University of Peru. Carlos Romero is consultant at GPR Economics working on energy, general equilibrium and the defense of competition issues. The authors kindly thank the support of CONCYTEC (National Council of Science, Technology and Innovation of Peru) for allowing the access to its bibliographic database. This document was presented at the II Annual Congress of the Peruvian Economic Association in Lima, Peru (August, 2015), and at the XXIII Input-Output Conference, in México DF. (June 2015). We thank the comments and suggestions from the participants of these conferences to preliminary versions of this document.

⁴ An English version of this paper is available at: <https://ideas.repec.org/p/apc/wpaper/2016-061.html>.

scenarios considering the three most important branches of the Camisea pipeline. The results show that those shocks would represent an important decline of GDP in the short run when substitution is limited (about 75.8% in annual terms) and an abrupt reduction of welfare for households. The estimated daily cost is in the range of US\$ 335 million for the worst case scenario.

Keywords: Disasters, gas pipeline constraints, computable general equilibrium, Peru, Camisea, economic impact evaluation.

JEL Classification: C58, D57, D58, L95, Q35, Q41, Q54

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	7
2.	Antecedentes en el estudio de impacto de desastres	9
3.	MEGC de Perú con énfasis en el sector energético	11
3.1.	Fuentes, datos y metodología de la MCS.....	11
3.2.	Inclusión de la industria de Gas Natural en la MCS.....	14
3.3.	Características Básicas del MEGC de Perú	17
4.	Resultados de las simulaciones.....	20
4.1.	Análisis de sensibilidad de los resultados: La posibilidad de sustituir tecnologías.....	25
5.	Conclusiones.....	29
6.	Bibliografía	30
7.	Anexo I: Versión analítica simplificada del modelo	32
8.	Anexo II: Construcción de la MCS.....	39

1. Introducción

En los últimos años, el Perú ha experimentado un sustancial progreso en sus indicadores socioeconómicos, tanto en lo referente al crecimiento de la producción, de la riqueza por habitante y de la distribución del ingreso. En parte esto se ha debido al impulso derivado de la mejora en los términos de intercambio, que permitió aumentar de forma significativa sus exportaciones e inversiones, al tiempo que se lograban ciertos objetivos macroeconómicos esenciales para todo proceso de desarrollo como la estabilidad de precios domésticos y el equilibrio presupuestario y externo.

En el año 1984 el gobierno peruano licita la exploración de territorios en Cusco y se descubren nuevos yacimientos de gas natural, los cuales fueron evaluados durante los años de 1990 y comenzaron a operar en el 2004 bajo el nombre de Camisea. La matriz energética peruana tuvo un cambio sustancial hacia la fuente primaria del gas a partir de la materialización del proyecto de Camisea con su puesta en operación (Dammert y Molinelli, 2006; Dammert, García y Vásquez, 2006). Camisea incrementó más de 13.2 veces las reservas gasíferas del Perú, convirtiéndolo en uno de los principales países exportadores de gas de la región sudamericana. Significó además la disposición de un volumen importante de líquidos del gas natural y gas seco con destino a los mercados interno y de exportación. Estas reservas, aunadas a los recursos hídricos, proveen cobertura a las necesidades de energía del mercado interno por varias décadas.

La creciente producción de los yacimientos de gas natural en el Perú ha incrementado la participación del gas en la matriz energética y su importancia relativa en la economía peruana. En la actualidad el petróleo representa el 39%, el gas natural y los líquidos del gas un 33% (y la hidroenergía otro 11%) como las tres principales fuentes de la oferta interna energética del Perú.

Por lo tanto, resulta particularmente relevante analizar y cuantificar el impacto que generarían potenciales restricciones en el transporte de gas. Las restricciones podrían ser causadas por fallas técnicas o desastres –ya sea naturales como provocados por el hombre–.

Los desastres pueden afectar la infraestructura energética de un país y generar interrupciones prolongadas de los servicios, sobre todo cuando se trata de líneas de alta tensión o gasoductos troncales. Es sabido que Perú tiene severos problemas de sismicidad con serios terremotos que han logrado varios destrozos a lo largo de todo el país. Esto se debe a que el país se encuentra

sobre la placa sudamericana pero muy cercana a la placa de Nazca, lo que expone a toda la costa del país al peligro de tsunamis y a la zona terrestre a un serio peligro de terremotos. Entre 2004 y 2014 la zona recibió 40 movimientos sísmicos y repeticiones de los cuales 14 superaron los 6.5º en la escala de Richter y generaron más de 700 muertos.

En general, se puede pensar que los desastres generarían mayores costos debido a que provocarían cortes de mayor duración. Más allá de la propia virulencia y duración de la catástrofe, el impacto final sobre la economía dependerá de los encadenamientos productivos y el nivel de consumo de los hogares.

Aun cuando sean eventos de baja probabilidad y que en los países donde estos eventos son frecuentes se tomen medidas precautorias, los costos pueden ser sustancialmente elevados. Barro (2009) estima que el impacto sobre el PBI es aproximadamente 15 veces mayor que el efecto de las fluctuaciones de los ciclos económicos⁵.

El objetivo del presente trabajo es entonces estimar el impacto sobre la economía peruana de distintas alternativas de interrupciones del servicio de transporte de gas. Disponer de esa información es relevante para hacer la evaluación económica de proyectos de adaptación a los riesgos y de protección de la infraestructura en el Perú.

Y si bien podrían realizarse estimaciones de impacto directo, las repercusiones indirectas debidas a la interrupción de las cadenas productivas y a los efectos riqueza pueden ser todavía mayores. Los shocks se transmitirían vía el sistema de precios a toda la economía, deprimiendo los salarios reales, los niveles de beneficios y de bienestar.

Para tener, entonces, una estimación completa de los impactos de las interrupciones del servicio de transporte de gas por ductos en el Perú, se utiliza en este trabajo un modelo de equilibrio general computable (MEGC) de la economía peruana tomando como año referencia (*benchmark*) el 2010, con una detallada representación del sector energético⁶. El presente modelo incluye la separación de las actividades de: producción, transporte y distribución de gas; generación, transmisión y distribución de energía eléctrica; cadena productiva del sector de

⁵ Se trata de un estudio de 60 catástrofes en 35 países durante 100 años.

⁶ El desarrollo fue encargado por OSINERGMIN mediante los proyectos "Elaboración de un modelo de equilibrio general computable" y "Adecuación de la matriz de insumo-producto del MEGC"

hidrocarburos líquidos, desde la extracción de petróleo hasta su refinación y venta final; actividades extractivas de cobre, oro, resto de minería metálica y minería no metálica.

Las características de los MEGC los hacen ideales para evaluar los costos económicos de los desastres junto con alternativas de política para paliar su impacto o la capacidad de recuperación endógena de la economía ante un shock (*resiliencia*). En particular, esto se debe a que estos modelos permiten incluir distinto grado de sustitución entre bienes y porque toman en cuenta los efectos ingreso. Por otra parte, los MEGC permiten separar efectos sobre distintos tipos de hogares y sectores y apreciar los efectos distributivos y de remuneración del capital en distintas actividades. En consecuencia, permiten distinguir la vulnerabilidad relativa de cada actividad productiva y de las diferentes categorías de hogares.

El trabajo está organizado de la siguiente manera. Luego de esta introducción, la Sección 2 revisa los antecedentes de estudios de impacto relacionados con desastres. La Sección 3 presenta las características básicas del modelo de equilibrio general desarrollado para la economía peruana de 2010. Incluye también una descripción de las fuentes de datos utilizadas para la construcción de la matriz de contabilidad social, que sirve de soporte del modelo, y se detalla la representación de los sectores de extracción y fraccionamiento de gas. En la Sección 4, se analizan los resultados de simulaciones de restricciones de gas que afectan los diferentes gasoductos troncales del Perú. Por último, la Sección 5 concluye este documento.

2. Antecedentes en el estudio de impacto de desastres

La estimación del impacto económico de desastres, naturales o provocados por el hombre, ha sido un área de estudio poco explorada (Cavallo *et al.*, 2010) en la literatura económica. En los últimos años han aparecido algunos trabajos que han intentado cubrir este campo. Bergeijk y Lazzaroni (2013) realizan una comparación de la literatura que mide el impacto macroeconómico de desastres naturales. Como consecuencia de la heterogeneidad de fuentes de datos, muestras y metodologías de estimación⁷ los resultados de los estudios son contradictorios.

Además de la perspectiva macroeconómica, existe otra línea de investigación que se concentra en el impacto regional y sectorial. El análisis insumo-producto (AIO), modelos basados

⁷ Se utilizan métodos econométricos que utilizan variables que representan los costos directos (daños, número de personas afectadas) e indirectos (reducción de días de trabajo, destrucción de capital y fuerza de trabajo) derivados de los desastres.

en matrices de contabilidad social (SAM) y el equilibrio general computado (CGE) son las metodologías utilizadas por estos estudios como Okuyama, 2007 y Okuyama y Santos, 2014. Algunos de los estudios tienen una perspectiva global. Horridge, Madden y Wittwer (2005) que analizan, con un modelo CGE, el impacto económico de las inundaciones en Australia. Xie *et al.* (2013) evalúan los costos de reconstrucción posteriores a un terremoto con un modelo CGE dinámico de la Provincia de Sichuan (China). A través de un modelo basado en SAM, Okuyama y Sahin (2009) estiman el impacto global de 184 desastres ocurridos entre 1960 y 2007.

Estos estudios intentan captar los efectos totales y no sólo efectos directos del desastre. Los efectos de los desastres sobre el capital de infraestructura suele desencadenar significativos efectos indirectos e influenciar sobre la persistencia temporal del impacto inicial del desastre. Por ello, un importante subconjunto de esta literatura, mide específicamente el efecto de interrupciones en los servicios de infraestructura. Así, Zhang y Peeta (2011) utilizan CGE para analizar la interdependencia de la infraestructura de transporte, energía y comunicaciones. Además mediante AIO, Rose y Wei (2013) estiman las pérdidas económicas del cierre de un terminal portuario. Dentro de los sectores de infraestructura, parte de la literatura empírica trata específicamente el efecto de interrupciones en los servicios de infraestructura energéticos (Rose y Guha, 2004; Rose, Oladosu y Liao, 2007, Greenberg *et al.*, 2007).

Como mencionamos anteriormente, el Perú se encuentra ubicado en una de las zonas de mayor peligro sísmico. Adicionalmente a los riesgos naturales, también se asigna cierto riesgo por potenciales atentados terroristas o vandalismo.^{8,9} Si bien la construcción de los ductos se realizó tomando en cuenta riesgos geológicos y geotécnicos, un informe de auditoría resalta que las medidas de seguridad adoptadas no han sido suficientes¹⁰. A nivel teórico, Vásquez, et al. (2013) efectúan un análisis teórico sobre los criterios para evaluar y regular las medidas de seguridad en la industria del gas y el petróleo. Asimismo, describen los mecanismos institucionales que gobiernan el monitoreo de los estándares de seguridad en el Perú. Más allá de estas menciones a los riesgos relacionados con potenciales desastres, no se han encontrado estimaciones de los costos asociados a los mismos.

⁸ "Posibles atentados narco terroristas que afecten la integridad del ducto." Informe de clasificación de riesgo de Transportadora de Gas del Perú S.A. del 27 de diciembre de 2013.

⁹ "Riesgos que pueden presentarse por actos delincuenciales, terrorismo o vandalismo." Considerado como riesgos externos en el Plan de Contingencias del Proyecto de Exportación de GNL Pampa Melchorita, elaborado por Inspectra S.A. en julio de 2003.

¹⁰ Report No. GLP/GLM/MEMP/726-07 Rev. 1, 10 de octubre de 2010

3. MEGC de Perú con énfasis en el sector energético

Es crucial para el MEGC la construcción de una matriz de contabilidad social (MCS). Gran parte de la información requerida para su estimación surge de las cuentas nacionales, presupuestos del gobierno, base de datos de comercio internacional, encuestas de hogares, y la última matriz insumo producto disponible. Sin embargo, esta información generalmente se encuentra con poca desagregación sectorial. Por ello, se ha llevado a cabo un exhaustivo trabajo de recopilación de información sectorial con el objetivo de obtener los datos necesarios para desagregar los sectores energéticos en la matriz de contabilidad social. En esta sección resumimos los aspectos más críticos de la recopilación y el tratamiento de los datos.

3.1. Fuentes, datos y metodología de la MCS

Los datos básicos para el modelo se obtienen a partir de una MCS para el año 2010. El modelo incluye 26 sectores de producción, 7 primarios (agrícolas y mineros), 2 industriales, 12 relacionados con la energía (primaria, secundaria y sectores de transporte y distribución) y 5 servicios. Los sectores energéticos comprenden las actividades: Extracción de petróleo, Extracción de Líquidos del Gas Natural (LGN), Extracción de gas natural (gas seco), Refinación de petróleo, Fraccionamiento de LGN, Biodiesel, Bioetanol, Generación, Transmisión y Distribución de electricidad y Transporte y Distribución de gas.

La oferta y la demanda agregadas y el valor agregado (VA) de cada sector de actividad se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Los Valores Brutos de Producción (VBP) sectoriales se calcularon manteniendo constante el cociente VA/VBP de las Tablas Insumo Producto (TIP) del año 2007. Los factores de producción modelados corresponden al trabajo y al capital y sus valores se obtuvieron por la distribución sectorial que surge de la TIP. La distribución sectorial de las demandas finales (Consumo, Inversión y Exportaciones) fue estimada utilizando información del INEI y la TIP 2007.

La Tabla 1 presenta la participación sectorial agregada en términos de valor agregado, insumos, factores y valor bruto de la producción. En la primera columna se hace referencia a los respectivos sectores de la MCS de 26 sectores.

Tabla 1: Perú, 2010. Estructura de Producción, Valor Agregado y Factores (%)

Cód.	Sector	Millones de nuevos soles			Porcentaje del PBI pb	
		L	K	PBI pb	L	K
1	Agricultura y ganadería	4 524	20 571	25 095	18.0%	82.0%
2	Silvicultura	309	882	1 191	25.9%	74.1%
3	Pesca	833	2 089	2 923	28.5%	71.5%
4	Extracción de petróleo	384	4 491	4 874	7.9%	92.1%
5	LGN	248	2 905	3 154	7.9%	92.1%
6	Extracción de gas natural	82	963	1 045	7.9%	92.1%
7	Cobre	2 438	13 240	15 678	15.6%	84.4%
8	Oro	2 848	9 444	12 291	23.2%	76.8%
9	Resto Minería metálica	4 632	13 947	18 579	24.9%	75.1%
10	Minería no metálica	198	919	1 117	17.7%	82.3%
11	Refinación Petróleo	416	1 667	2 084	20.0%	80.0%
12	Fraccionamiento LGN	150	599	749	20.0%	80.0%
13	Biodiesel	2	44	46	4.2%	95.8%
14	Bioetanol	6	125	132	4.9%	95.1%
15	Industria intensiva en uso de energía	5 158	16 661	21 820	23.6%	76.4%
16	Resto industria	14 029	28 287	42 316	33.2%	66.8%
17	Generación electricidad	291	2 049	2 340	12.4%	87.6%
18	Transmisión electricidad	96	503	599	16.1%	83.9%
19	Distribución electricidad	350	1 369	1 719	20.3%	79.7%
20	Transporte gas	5	309	314	1.7%	98.3%
21	Distribución gas	33	63	96	34.0%	66.0%
22	Construcción	13 290	19 275	32 564	40.8%	59.2%
23	Comercio, Restaurantes y hoteles	18 020	44 239	62 259	28.9%	71.1%
24	Transporte	5 168	16 505	21 673	23.8%	76.2%
25	Comunicación	3 171	6 965	10 136	31.3%	68.7%
26	Resto servicios	59 778	61 042	120 821	49.5%	50.5%
	Total	136460	269 155	405 615	33.6%	66.4%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 muestra que la participación en la producción de transporte y distribución de gas es pequeña. Sin embargo, a los efectos del modelado de simulaciones que representen un escenario de desastre, es crucial contar con la desagregación del sector de transporte, ya que tiene el rol de insumo esencial para la comercialización doméstica e internacional del gas.

Un resumen de la MCS de la economía Peruana de 2010 se muestra en la Tabla 2. Esta MCS simplificada tiene tres sectores de actividad, los dos factores de producción, los impuestos, la inversión pública y privada y el resto del mundo (RM). La descripción de las fuentes de datos y procedimientos usados para la construcción de la MCS se presenta en el Anexo II. Las columnas muestran la descomposición de las ventas, mientras que las filas representan las compras.

Tabla 2: Perú, 2010. Matriz de Contabilidad Social agregada (Millones de Soles)

		Actividades			Factores		Impuestos	Hogares		Gobierno	Inversión		RM
		S01	S02	S03	L	K		H01	H02		Priv.	Pub.	
Actividades	S01	4,539	50,481	3,048				5,341	3,767	0	3,626	1,455	50,325
	S02	9,073	35,115	56,891				34,324	31,438	0	2,440	980	54,039
	S03	17,003	31,325	113,123				57,296	108,447	42,271	58,040	23,297	9,730
Factores	L	15,781	18,680	94,044									
	K	62,035	44,960	143,338									
Impuestos	IM	181	723	599				280	356		830		
	IGV	322	6,856	13,428									
	otros	280	4,297	3,495									
	IX	0	0	0									
	IL	716	1,082	6,158									
	IK	7,415	2,425	8,981									
Hogares	H1				34,813	69,468				5,602			
	H2				93,691	147,353				14,186			
Gobierno						13659.53	72,462						
Inversión	Priv.							2,954	89,580				
	Pub.									25,732			
RM		5,236	28,356	17,427		19,853		9,681	14,343		23,853	0	
BNI								-2,349	-636	-1,670			4,655
Totals		122,583	224,300	460,532	128,504	250,334	72,462	109,883	255,230	86,121	92,534	25,732	118,750

Actividades: S01: Agricultura y Minería (sectores 1 a 10 de la MCS), S02: Industria (sectores 11 a 16 de la MCS), S03: Servicios (sectores 17 a 26 de la MCS). Factores: L: Trabajo, K: Capital. Hogares: H01: primeros 3 quintiles de ingreso, últimos dos quintiles de ingreso. Inversión: Priv: Privada, Pub: Pública. Impuestos: IM: impuesto a las importaciones, IGV: impuesto general a las ventas, otros: resto de impuestos indirectos, IX: impuesto a las exportaciones, IL: impuesto al trabajo, IK: impuesto al capital, IH: impuestos directos. RM: Resto del Mundo.

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de insumo-producto es la sub-matriz de la MCS que representa las transacciones entre sectores de actividad (actividades, actividades). Por debajo de ésta, se presenta la matriz de demanda de factores (factores, actividades), seguido de la matriz de los impuestos pagados por las actividades (impuestos, actividades). La MCS separa los impuestos pagados por las exportaciones, los usos intermedios, consumo final y las inversiones. Por último, se encuentra la matriz de las compras intermedias importadas (RM, actividades). Los totales de las filas y columnas de cada sector son el respectivo valor bruto de la producción.

La cuenta de los factores muestra la matriz de distribución del ingreso (hogares, factores), que distribuye la remuneración de los factores a los hogares. Una parte del capital es propiedad del resto del mundo.

Por el lado de la demanda, se resumen la matriz de gastos de los hogares (actividades, hogar), el consumo del gobierno (actividades, gobierno), las inversiones privadas y públicas (actividades, inversión) y el vector de las exportaciones (actividades, RM). Las matrices (hogar, hogar) y (hogar, gobierno) corresponden a transferencias entre agentes. El ahorro privado, el ahorro público y el

ahorro externo se suman para financiar inversiones. La fila BNI cierra el modelo y representa el superávit / déficit de todos los agentes. Corresponde a las transacciones financieras para el año 2010.

3.2. Inclusión de la industria de Gas Natural en la MCS

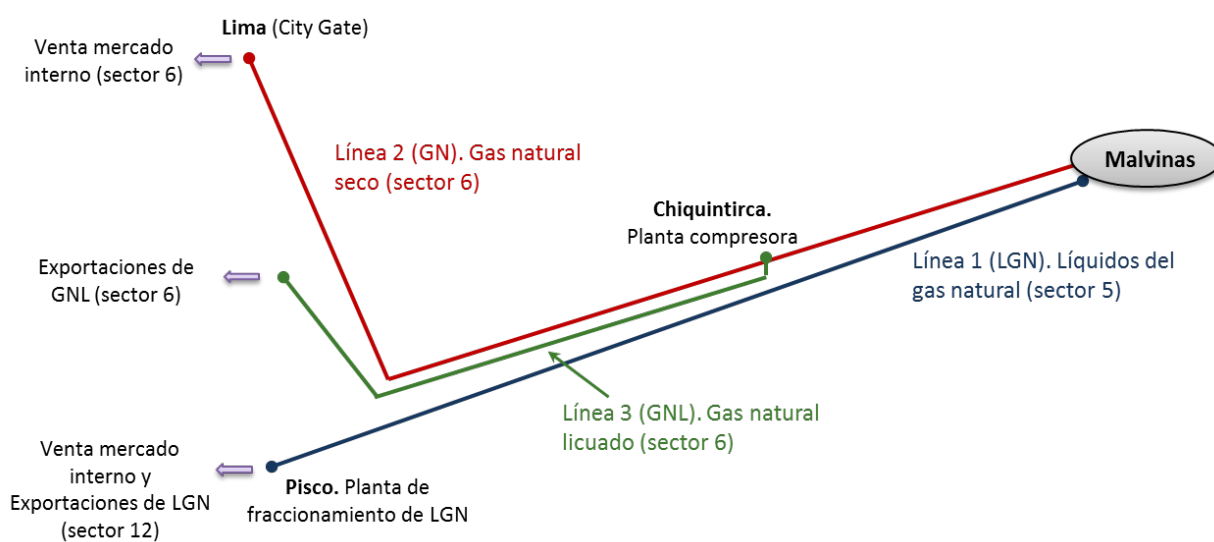
Se separa la Extracción de Gas Natural Seco (sector 6 de la MCS) de los Líquidos del Gas Natural – LGN – (sector 5) para modelar los distintos usos que poseen dichos energéticos. También se modela de manera desagregada la Refinación de Petróleo (sector 11) y el Fraccionamiento de LGN (sector 12), para captar separadamente tanto los efectos provenientes de las diferentes energías primarias que los abastecen, como los usos alternativos de sus producciones. Los productos del Fraccionamiento de LGN son gasolina natural y GLP con destino a transporte y consumo residencial. Los productos de la Refinación del petróleo son gasolina, diésel y petróleo industrial que es demandado por el transporte, los hogares, la industria y la generación eléctrica.

El Diagrama 1 muestra los gasoductos troncales que transportan el gas desde Camisea (Malvinas) hacia las plantas de transformación y los destinos finales.

La producción de Camisea se encuentra a cargo del Consorcio Pluspetrol. La totalidad del gas extraído es tratado en la planta de separación de líquidos de Malvinas donde se separan los líquidos del gas natural del gas seco. El sistema de transporte de gasoductos conformado por las líneas 1 y 2 está a cargo de la Transportadora de Gas del Perú.

Los líquidos del gas natural son transportados a Pisco mediante poliductos (Línea 1). En Pisco, la planta de fraccionamiento de LGN produce productos derivados del gas que luego son comercializados tanto al mercado interno como externo. Esta actividad es considerada un proceso de refinación. Por lo tanto, el sector 5 sólo vende LGN al sector 12, y éste una vez procesado lo vende a la demanda intermedia y final.

El gas seco es transportado hasta Lima mediante gasoducto (Línea 2), donde se comercializa para el mercado interno. Por su parte, el gas con destino de exportación utiliza la línea 3, luego de pasar por la planta compresora de Chiquintirca, hasta la planta de licuefacción de Pampa Melchorita. La línea 3 y la licuefacción son dirigidas por Perú LNG.

Diagrama 1: Representación de los Gasoductos peruanos en la MCS

Fuente: Elaboración propia

Debido a que las redes de transporte son un insumo esencial de la industria del gas, el mecanismo de transmisión de potenciales fallas o desastres en las redes se puede seguir a través de las estructuras de ventas de los sectores de extracción y fraccionamiento de gas natural (ver diagrama 2). La magnificación del impacto dependerá de la elasticidad de sustitución del gas en las funciones de producción de los sectores compradores.

En 2010, las ventas por lote de gas natural multiplicadas por su respectivo precio totalizaron un valor de s/918 millones¹¹. A estas se le adicionaron los valores de exportaciones de GNL (correspondientes al lote 56) las cuales totalizan s/759 millones. De esta manera se obtuvo un valor bruto de producción (VBP) de s/1676 millones¹². Las ventas de Camisea representaron el 91,6% de las ventas totales. El VBP de LGN fue de s/5059 millones, y el de gas natural en s/1676 millones. La Tabla 3 resume los resultados obtenidos para los componentes de la oferta y la demanda.

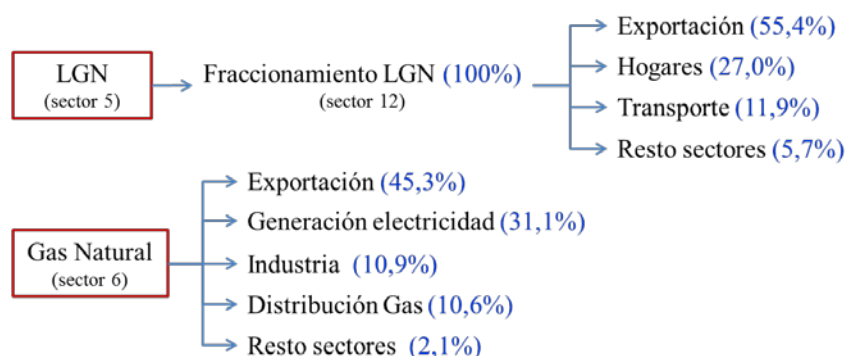
El VBP del Fraccionamiento de LGN se obtuvo de los datos de producción y precios de importación del MINEM y ascienden a s/6587 millones. En el caso de los productos derivados del petróleo, el VBP se computa a partir de las ventas que surgen de los balances de las refinerías del

¹¹ Para una detallada descripción de la inclusión de los sectores energéticos ver Romero et al. (2013).

¹² El tipo de cambio utilizado en todas las conversiones monetarias de la MCS corresponden al tipo de cambio promedio bancario del INEI, el cual posee un valor de 2.825 en el 2010.

país, las cuales están comprendidas por Refinería La Pampilla S.A. y las refinerías que posee Petroperú S.A. Las ventas totales de dichas refinerías ascienden a s/183 mil millones, valor cercano a los s/193 mil millones estimados mediante los datos de producción y precios del MINEM.

Diagrama 2: Estructura de ventas de los sectores extractivos y de fraccionamiento de gas



Fuente: Elaboración propia

El Diagrama 2 muestra que los líquidos del gas natural (sector 5) son vendidos exclusivamente como insumo intermedio al sector de fraccionamiento (sector 12). Los productos del Fraccionamiento de LGN son principalmente la gasolina natural y el GLP, cuyos destinos principales son la exportación (55%), el consumo de los hogares (27%) y el transporte (12%).

La distribución de las demandas intermedias de gas natural es más compleja, donde las mismas se distribuyen entre las compras que realiza la distribuidora (Cálidda), y las compras que realizan los grandes usuarios.

En relación a las demandas del gas natural seco (sector 6), el Diagrama 2 muestra que el destino más relevante son las exportaciones (45%), correspondientes a gas natural licuado (GNL). La demanda doméstica está liderada por la generación eléctrica (31%), seguido por la industria manufacturera y las compras que realiza la distribuidora de gas (Cálidda), en ambos casos con niveles de cercanos al 11% de las ventas totales del sector 6.

Es importante resaltar que la severidad de la transmisión del impacto sobre las restricciones de transporte de gas, es mayor dado que los sectores de compradores a su vez tienen estructuras de ventas con fuertes efectos sobre el resto de la economía. Las demandas intermedias de estos

sectores son el principal destino de sus producciones: transporte (55%), generación de electricidad (100%) y distribución de gas (97%). En este último caso el principal destino es transporte, con el 62% de sus ventas.

3.3. Características Básicas del MEGC de Perú

Un Modelo de Equilibrio General Computable (MEGC) es una representación numérica de las condiciones de equilibrio agregado y en cada uno de los mercados de una economía en la cual intervienen productores y consumidores (debe tenerse en cuenta que la definición amplia de consumidores y productores incluye al gobierno y a los agentes que representan al sector externo) con comportamientos establecidos mediante funciones de producción y utilidad de los consumidores que dependen de los precios relativos.

Los productores y consumidores realizan transacciones en los mercados de bienes y factores. Por ejemplo, del lado de la producción se realizan las compras de insumos y se reciben los ingresos provenientes por ventas de productos domésticos, internas y al exterior; asimismo, se realizan los pagos de impuestos y se remunera a los factores productivos, que será parte importante del ingreso de las familias.

Los impuestos indirectos y otros son recaudados por el gobierno que participa a su vez en los mercados de bienes y de factores, como demandante. El resto del mundo es un agente más, con sus propios objetivos de optimización, participa en el mercado de bienes como comprador de exportaciones y vendedor de importaciones, y en los mercados de factores, a través de la remuneración a los factores de propiedad extranjera.

Cada agente (familias, empresas, gobierno y el resto del mundo) alimenta al sistema de equilibrio general con sus *Funciones de Comportamiento*. Cada función de comportamiento, aquí entendida como de demanda o de oferta, indica la acción deseada por cada agente (compra o venta) a los precios que le informan los mercados.

Así, el objetivo de las familias es maximizar su *Utilidad*, la que se haya limitada por la *Restricción Presupuestaria*. La restricción presupuestaria indica que el gasto total de la familia (en la compra de bienes de consumo, de inversión, bonos, y pago de impuestos) no puede superar su ingreso (por pagos de factores, venta de bonos, cobro de dividendos de empresas y de intereses).

El beneficio de las familias se mide habitualmente mediante la *Variación Equivalente* que mide el equivalente, en términos de ingreso, del cambio de utilidad derivado de un shock; es decir, cuánto tendría que cambiar el ingreso de un agente para que experimentara la misma modificación de la utilidad si no se hubiera producido un shock que rebaja los precios de los bienes de consumo.

El objetivo de las empresas es maximizar su *Beneficio*, pero se hallan limitadas por la Tecnología y el Capital. De la optimización, es decir la maximización de beneficios, surgen las funciones de oferta de bienes y de demanda de factores, además de los pagos de impuestos. Las empresas se demandan entre sí bienes que producen, para ser usados como insumos intermedios de la producción final.

Los pagos a los factores son recibidos por las familias y por el resto del mundo. Los beneficios son distribuidos a las familias y al resto del mundo; inclusive el gobierno puede recibir beneficios por su participación en la tenencia de capital privado.

El gobierno es asimilado a una familia y se lo dota de una función de *Utilidad del Gobierno*. También hay una *Restricción Presupuestaria del Gobierno*. Recibe ingresos (por impuestos, por propiedad de factores, por venta de bonos) y los aplica a la compra de distintos bienes (nacionales o importados, de consumo o de inversión), a la contratación de empleados públicos (participa en el mercado de factores) y a las transferencias (a jubilados y desempleados, por ejemplo). Las transferencias se consideran gasto en un factor, poseído por las familias. Este es un artificio económico, utilizado para alcanzar la solución, neutro desde el punto de vista de sus efectos sobre el resultado.

El resto del mundo tiene una función de *Utilidad del Resto del Mundo*. Compra bienes domésticos (exportaciones del Perú) y produce los propios, para combinar con ellos. Parte de su producción es comprada por los agentes domésticos (importaciones del Perú). También compra y vende bonos de las familias y del gobierno. Está limitado por su tecnología y por una *Restricción Presupuestaria del Resto del Mundo*.

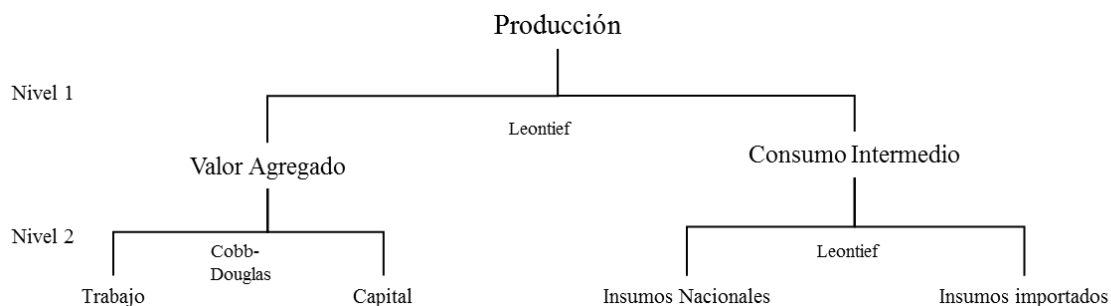
El vector de precios es revisado y se busca un nuevo precio. En general, el algoritmo hará subir el precio de aquellos bienes con exceso de demanda, y bajar el de los que tienen exceso de oferta. Una vez calculados los precios de equilibrio P^* , se pueden computar las transacciones

(compras y ventas), los niveles de ingreso y de bienestar de todos los agentes, y los agregados macroeconómicos. Uno de los precios nominales es elegido como numerario. Por ejemplo, por convención puede tomarse el precio del dinero como igual a 1 (uno). En el Anexo I se presenta una versión simplificada del modelo algebraico.

Los precios son computados en el modelo para que equilibren (i.e., limpien los excesos de demanda de) los mercados a excepción del mercado de trabajo dado que el modelo admite desempleo. Puesto que se debe especificar una regla que ajuste o “cierre” el mercado de trabajo, en el presente modelo se adoptará la hipótesis de salario real constante (el salario se ajusta en cada simulación a la par de un índice de precios, en este caso, el índice de precios al consumidor de la economía).

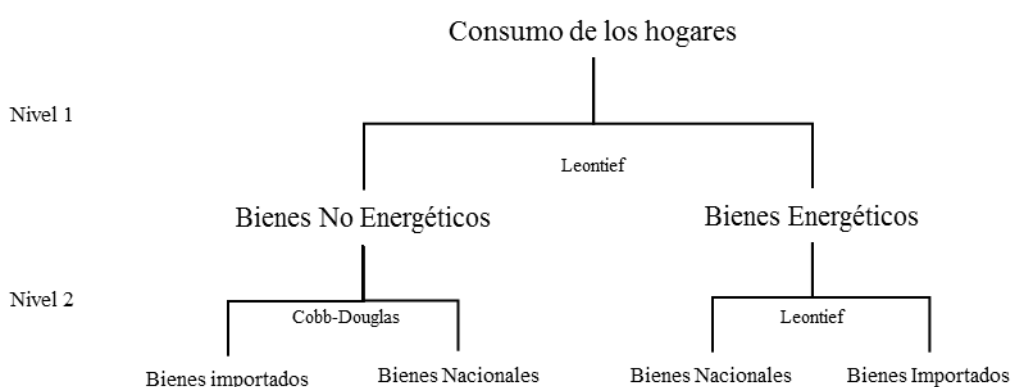
Como es natural, los resultados pueden ser sensibles a las hipótesis de movilidad de factores entre sectores de la economía, y con respecto al resto del mundo, y a los valores de las elasticidades de sustitución en el consumo y en la producción. El Diagrama 3 muestra la estructura de producción en el MEGC. La misma se realiza con insumos intermedios y valor agregado con imposibilidad de sustitución entre ambos. En el segundo nivel de insumos intermedios, no se puede sustituir entre bienes intermedios y finales, mientras que el valor agregado fue modelado con una tecnología tipo Cobb-Douglas con sustitución constante (σ igual a la unidad) entre el trabajo y los dos tipos de capital (específico y móvil entre industrias). En cuanto a la movilidad de factores, se supuso que el trabajo es perfectamente móvil entre sectores, y que, aproximadamente, el 9% del capital también puede moverse entre sectores de la economía. Este valor se calibró de modo de replicar la tasa de crecimiento observada en la economía, dado el resto de los parámetros estructurales.

Diagrama 3: Estructura de Producción



El Diagrama 4 muestra la función de utilidad anidada de cada consumidor representativo. El mismo consume bienes energéticos y no energéticos. Dicha demanda fue considerada con imposibilidad de sustitución dado el shock a provocar en la economía con la interrupción de los servicios gasíferos. Dentro del conjunto de bienes no energéticos, los bienes pueden sustituirse entre bienes y dependiendo el origen de acuerdo a una función Cobb-Douglas de elasticidad unitaria constante. En los energéticos dicha posibilidad de sustitución no existe dada la “inelasticidad” de corto plazo en este tipo de bienes y su perjuicio en el bienestar de los hogares.

Diagrama 4: Estructura de la Función de Utilidad Anidada.



En la siguiente sección, se presentarán las simulaciones referentes a la versión estática. Partiendo del punto de referencia o “benchmark” de la matriz de contabilidad social con base 2010, se ejecutan cada una de las distintas simulaciones antes especificadas. En caso de realizarse la simulación referente al escenario base, la calibración denotaría que todos los indicadores no indican cambios (variación porcentual cero).

4. Resultados de las simulaciones

Dados los importantes descubrimientos de yacimientos de gas natural en el Perú y la relevancia que ha venido tomando el mismo tanto en la matriz energética como en la economía en su totalidad resulta de relevancia analizar el impacto que generarían restricciones en el transporte que limiten su utilización tanto en el destino interno como con fines de exportación. Las restricciones podrían ser causadas por fallas técnicas o desastres naturales o provocados por el hombre. En general, se puede pensar que los desastres generarían mayores costos debido a que provocarían cortes de mayor duración.

Los desastres pueden afectar la infraestructura energética de un país y generar interrupciones prolongadas de los servicios, en particular, cuando se trata de líneas de alta tensión o gasoductos troncales. Más allá de la propia virulencia de la catástrofe, el impacto final sobre la economía dependerá de los encadenamientos productivos y el nivel de consumo de los hogares. En esta ocasión el trabajo simulará escenarios de catástrofe relacionados con los Lotes 88 y 56 de Camisea que representaron 91.7% del total de la producción de 2010. Como se mencionó en la anterior sección, estos lotes abastecen 3 líneas de gasoductos principales:

- Línea 1 (LGN): Malvinas – Pisco,
- Línea 2 (Gas Natural): Malvinas – Citygate (Lima),
- Línea 3 (GNL): Chiquintirca – Pampa Melchorita.

Las simulaciones planteadas se relacionan con interrupciones en las líneas mencionadas teniendo en cuenta los efectos encadenamiento sobre la economía peruana que pueden sucederse. La captura de los efectos derivados surge de la aplicación del modelo de equilibrio general computado planteado en la sección anterior.

Las restricciones al transporte se modelan como un empeoramiento en la utilización eficiente de insumos del sector. Así, se simula un aumento de la demanda de insumos energéticos que son requeridos para producir la misma cantidad de producto energético. Se modelan cuatro escenarios base sobre los cuales se representan los siguientes casos:

- Interrupción del Gasoducto 1 (**IG1**): Corte del servicio en la línea 1 (que abastece la planta de fraccionamiento de LGN en Pisco). Restricción impuesta sobre las ventas domésticas (intermedias y de demanda fina) en el sector primario de LGN (sector 5).
- Interrupción del Gasoducto 2 (**IG2**): Corte de suministro en la línea 2 entre Malvinas y Lima. Restricción impuesta sobre las ventas domésticas (intermedias y finales) del sector de extracción de gas natural seco (Sector 6).
- Interrupción en las exportaciones de los líquidos del gas natural (LGN) provenientes del gasoducto 1 (**IG1X**). Equivalente a una restricción de exportaciones nulas del sector de fraccionamiento de LGN (Sector 12).
- Interrupción en las exportaciones de gas licuefactado (**IG2X**): Corte de suministro en la línea 3 (entre Chiquintirca y Pampa Melchorita y que abastece las exportaciones de GNL). Equivalente a una restricción de exportaciones nulas del sector de extracción de gas natural (Sector 6).

La Tabla 3 muestra los resultados *anuales* de los escenarios en desviaciones porcentuales del *benchmark* inicial (basado en la SAM 2010 descrita en las secciones anteriores). Se presentan los principales indicadores de la economía peruana para un análisis de los resultados: PBI (a precios de mercado), la variación en el bienestar de los hogares y del gobierno (medido por la variación equivalente) y la variación en el nivel de actividad de los sectores.

Cabe notar que la simulación producida en el MEGC supone que la interrupción del gas cubre el equivalente a un año y la economía no puede encontrar sustitutos para el recurso energético. Es por esto que estableciendo hipótesis de corto plazo (con las elasticidades utilizadas en el modelo y comentadas en la anterior sección) se presenta la Tabla 4 en términos de PIB y en la Tabla 5 en millones de dólares.

Se presentan dos posibles escenarios hipotéticos que modelan la duración del efecto desastre en una semana, un mes o un trimestre. La hipótesis lineal implica simplemente la repartición proporcional del efecto anual a lo largo del período. La hipótesis exponencial, supone un modelo de tipo capitalización compuesta de los efectos, y tiene el objetivo de calcular los efectos acumulados en cada uno de los lapsos de tiempo estipulados¹³.

La primera simulación (IG1) genera una interrupción del servicio entre Malvinas y Pisco produciendo un corte total en las líneas de domésticas y de exportación de gas líquido. Dada la escasez de los productos, el ajuste vía precios provoca que estos sectores se vean claramente afectados y destinan la mayoría de la producción restante a las ventas intermedias del resto de los sectores de la economía aunque perciben una caída de la actividad sectorial importante (91% los sectores de LGN y fraccionamiento de LGN y 87% el sector de extracción de gas). El mecanismo de transmisión se realiza fuertemente desde el sector de transporte e impacta como *efecto derrame* sobre el resto de las actividades. El efecto sobre la economía al cabo de un año es importante dado que el PIB se contrae un 65.7% debido a la suspensión de la exportación de los sectores industriales y relacionados con el oro y el cobre. Los sectores primarios incrementan la

¹³ No hemos encontrado en la literatura información relacionada con la pendiente temporal de la curva de costos para Perú, por lo tanto los resultados de la hipótesis lineal pueden ser vistos como una cota inferior del costo social para tener una idea de la disposición a pagar para prevenir dicho desastre. Es esperable que los costos sean superiores al inicio (pendiente más pronunciada) y con el tiempo la misma vaya perdiendo fuerza dado que la economía tiene a adaptarse post-desastre consiguiendo sustitutos energéticos por ejemplo. Dada esta situación, se presentan resultados como si los hechos funcionen de manera exponencial.

exportación, aunque no llegan a equiparar la caída de la balanza comercial de un 78%. El costo social estimado tiene como cota inferior los US\$ 290 millones por día.

Tabla 3: Restricciones al transporte de gas

Indicadores	IG1	IG2	IG1X	IG2X
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>				
PBI	-65.76	-75.81	-0.89	-0.23
Resultado Fiscal (Bienestar)	-29.53	-53.03	-0.42	0.36
<i>Indicadores de Bienestar</i>				
Hogar Pobre	-75.13	-75.56	-0.42	-0.41
Hogar Rico	-72.86	-77.72	-0.31	-0.36
<i>Nivel de Actividad Sectorial</i>				
Agricultura y ganadería	-34.59	-73.40	0.48	-0.05
Silvicultura	-52.56	-49.40	0.68	-0.09
Pesca	-75.20	-85.11	0.91	0.01
Extracción de petróleo	-83.42	-87.37	0.40	0.00
LGN	-91.67	-92.09	-60.30	0.00
Extracción de gas	-87.98	-91.67	0.00	-45.31
Cobre	-89.45	-94.95	0.52	0.06
Oro	-94.30	-97.31	0.70	-0.04
Resto Minería metálica	-90.53	-95.47	0.81	0.05
Minería no metálica	-57.83	-79.72	0.57	-0.02
Refinación Petróleo	-79.45	-83.90	0.73	-0.04
Fraccionamiento LGN	-90.75	-91.12	-55.58	-0.04
Biodiesel	-76.19	-83.66	0.14	-0.14
Bioetanol	-3.19	-92.94	0.11	0.00
Industria intensiva en uso de energía	-73.02	-87.29	0.74	0.14
Resto industria	-57.27	-64.86	-0.38	-0.25
Generación electricidad	-79.79	-84.90	0.12	-0.16
Transmisión electricidad	-81.25	-87.17	0.21	-0.10
Distribución electricidad	-77.86	-81.23	-0.05	-0.29
Transporte gas	-78.50	-84.74	0.21	-0.12
Distribución gas	-75.74	-80.67	-0.05	-0.22
Construcción	-43.14	-73.58	-0.71	-0.01
Comercio, Restaurantes y hoteles	-71.74	-80.76	0.02	-0.22
Transporte	-77.11	-80.16	-0.12	-0.23
Comunicación	-65.27	-62.55	-0.04	-0.29
Resto servicios	-65.18	-68.50	-0.22	-0.19

Fuente: Elaboración propia.

La interrupción de la Línea 2 (IG2) que abastece a Lima, provoca una fuerte caída del sector de gas seco (Extracción de Gas) en términos de valor agregado, suspendiendo las exportaciones de GNL y volcando todo el producto a las ventas intermedias. El efecto derrame en la economía es muy fuerte (el PIB cae 75.8%) se observa con una fuerte contracción de los sectores relacionados,

viéndose afectados principalmente los sectores del downstream de electricidad y gas y la industria intensiva en energía. La estimación del costo social diario asciende a al menos US\$ 335 millones.

Tabla 4: Valuación social del desastre en porcentaje del PIB

Duración del efecto	IG1		IG2		IG1X		IG2X	
	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial
1 día	-0.18	-0.30	-0.21	-0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
7 días	-1.28	-2.06	-1.47	-2.72	-0.02	-0.02	0.00	0.00
1 mes	-5.48	-8.55	-6.32	-11.15	-0.07	-0.07	-0.02	-0.02
3 meses	-16.44	-23.51	-18.95	-29.87	-0.22	-0.22	-0.06	-0.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Valuación social del desastre en millones de dólares estadounidenses

Duración del efecto	IG1		IG2		IG1X		IG2X	
	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial
1 día	-290	-472	-335	-625	-4	-4	-1	-1
7 días	-2031	-3277	-2342	-4324	-27	-28	-7	-7
1 mes	-8706	-13574	-10035	-17718	-118	-118	-30	-30
3 meses	-26117	-37342	-30106	-47446	-353	-354	-91	-91

Fuente: Elaboración propia.

La simulación del desperfecto en el gasoducto de exportación de LNG (IG1X) provoca una fuerte caída del PIB sectorial (Fraccionamiento LGN) y en su correspondiente proveedor de insumos aguas arriba (LGN). El efecto sobre la economía es una caída del 0.89% del PIB (en términos anuales) generada principalmente por un esfuerzo de sectores exportadores e importadores por mantener la balanza comercial en ausencia de las exportaciones de LGN¹⁴. Este impacto sería relativamente bajo debido al pequeño grado de eslabonamiento que tiene la industria de exportación de gas con el resto de la economía peruana. Los resultados de la suspensión de las exportaciones de GNL (IG2X) son similares en términos de impacto con sectores relacionados aunque el impacto sobre la economía es menor (0.23% de caída del PIB anualizada)¹⁵. Los costos sociales redondean US\$4 millones para la IG1X y US\$1 millón para la IG2X.

En términos de la distribución del ingreso, a excepción de la interrupción del gasoducto 2 (IG2), los hogares pobres son más afectados que los ricos. Los determinantes de dicho efecto son

¹⁴ Las exportaciones de LGN representan en el benchmark \$3.953 millones de soles (3.5% del total de las exportaciones de Perú).

¹⁵ Las exportaciones de GNL representan en el benchmark \$759 millones de soles (0.7% del total de las exportaciones de Perú)

la elevada tasa de desempleo observada en el escenario contrafáctico y la imposibilidad de sustitución de los bienes energéticos que tienen una ponderación más elevada que en el hogar más rico. El gobierno en todos los escenarios aumenta el déficit fiscal como parte de las políticas anticíclicas determinadas de manera endógena en el modelo.

Alternativamente, se ha analizado un escenario de interrupción total (IT) que combina las simulaciones IG1 e IG2. Los resultados se muestran en la siguiente subsección en la Tabla 6 y los efectos son idénticos a realizar IG2 dado que los efectos de esta simulación dominan al resto.

Los escenarios presentados en esta sección solamente consideran los efectos productivos del desastre, quedando sin contemplar probables efectos sobre el medioambiente. Vásquez et al (2013) enumera diferentes escenarios de desastre medioambiental como causa de interrupción de las líneas como por ejemplo un escape de gas a cielo abierto.

4.1. Análisis de sensibilidad de los resultados: La posibilidad de sustituir tecnologías

El corte de suministro en las tres líneas (IT, liderado por los resultados de la IG2) genera el efecto más importante sobre la economía. Como se ha mencionado este resultado supone que durante el lapso de un año no hay posibilidad de sustituir tecnologías por ejemplo para producir energía o en el sistema de transporte. Dado que ante catástrofes similares a las simuladas, suelen cambiar el esquema productivo del país en un estado de emergencia, se proponen algunas alternativas que los autores consideran “posibles” o “probables” ante fenómenos de este estilo para ver cuán sensibles son los escenarios planteados ante dicha hipótesis.

En la Interrupción Total de Camisea (IT): Corte de suministro en las líneas 1, 2 y 3. Surge de la combinación de las simulaciones originales IG1 e IG2.

- Sustitución mediante importaciones de LGN (LGNimp): Este escenario permite una elevada sustitución en la demanda intermedia y el consume final entre los bienes proveídos del sector de Fraccionamiento de LGN (sector 12) e importaciones de dicho bien del resto del mundo.
- Sustitución en la generación de electricidad (GenEl): El escenario modifica la tecnología Leontief en el sector de generación de electricidad, permitiendo la sustitución de insumos escasos provenientes del sector 6 (extracción de gas natural) con productos provenientes de las refinerías de petróleo (sector 11).

- Sustitución mediante incremento de Ciclos Combinados para el sector de transporte (CCT): El escenario permite para las actividades relacionadas con el transporte poder sustituir las compras de gasolina (a las refinerías del sector 11) con compras de Fraccionamiento de LGN (sector 12) y Transporte de gas natural (sector 20).
- Efectos combinados (EC): Combina los tres escenarios planteados en un solo escenario conjunto (LGNimp+GenEl+CCT).

Como era de esperar, los efectos se ven atenuados con la presencia de la posibilidad de sustitución. Cuando la alternativa de sustitución se presenta en la generación de electricidad (GenEl) el impacto disminuye dado que ahora el PIB cae 65.7%, mientras que cuando es posible aumentar los ciclos combinados (CCT) la ganancia (menor caída del PIB) ronda los 7 puntos del PIB.

Puede observarse que cuando se combinan los efectos (EC), el ahorro total provocado por las múltiples sustituciones provoca una amortiguación del 66% en la caída del PIB (cae ahora 27.9%). Se observa además un efecto multiplicativo en este escenario, dado que el resultado de combinar las sustituciones es muy superior al de sumar los efectos individuales.

La Tabla 6 se presentan los resultados de cuatro tipos sensibilidades que combinan tres posibilidades de sustitución en la estructura productiva peruana. Éstos serán considerados respecto a los resultados de la simulación de interrupción total (IT)¹⁶:

- Interrupción Total de Camisea (IT): Corte de suministro en las líneas 1, 2 y 3. Surge de la combinación de las simulaciones originales IG1 e IG2.
- Sustitución mediante importaciones de LGN (LGNimp): Este escenario permite una elevada sustitución en la demanda intermedia y el consume final entre los bienes proveídos del sector de Fraccionamiento de LGN (sector 12) e importaciones de dicho bien del resto del mundo.
- Sustitución en la generación de electricidad (GenEl): El escenario modifica la tecnología Leontief en el sector de generación de electricidad, permitiendo la sustitución de insumos escasos provenientes del sector 6 (extracción de gas natural) con productos provenientes de las refinerías de petróleo (Sector 11).
- Sustitución mediante incremento de ciclos combinados para el sector de transporte (CCT): El escenario permite para las actividades relacionadas con el transporte poder

¹⁶ La elasticidad de sustitución de Armington en el caso LGNimp utilizado en el anidamiento de los sectores correspondientes es de 20, dado que era un producto que en el benchmark no se importaba. En el caso GenEl y CCT el anidamiento fue armado con una elasticidad de sustitución igual a 1.

sustituir las compras de gasolina (a las refinerías del sector 11) con compras de Fraccionamiento de LGN (sector 12) y Transporte de gas natural (sector 20).

- o Efectos combinados (EC): Combina los tres escenarios planteados en un solo escenario conjunto (LGNimp+GenEl+CCT).

Como era de esperar, los efectos se ven atenuados con la presencia de la posibilidad de sustitución. Cuando la alternativa de sustitución se presenta en la generación de electricidad (GenEl) el impacto disminuye dado que ahora el PIB cae 65.7%, mientras que cuando es posible aumentar los ciclos combinados (CCT) la ganancia (menor caída del PIB) ronda los 7 puntos del PIB.

Puede observarse que cuando se combinan los efectos (EC), el ahorro total provocado por las múltiples sustituciones provoca una amortiguación del 66% en la caída del PIB (cae ahora 27.9%). Se observa además un efecto multiplicativo en este escenario, dado que el resultado de combinar las sustituciones es muy superior al de sumar los efectos individuales.

Tabla 6: Sensibilidad al escenario de desastre en las 3 líneas

Indicadores	IT(base)	LGNimp	GenEl	CCT	EC
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>					
PBI	-75.81	-75.43	-65.78	-68.72	-27.92
Resultado Fiscal (Bienestar)	-53.03	-53.09	-29.61	-48.96	-17.05
<i>Indicadores de Bienestar</i>					
Hogar Pobre	-75.56	-75.44	-75.14	-72.38	-27.91
Hogar Rico	-77.72	-77.62	-72.86	-74.40	-32.23
<i>Nivel de Actividad Sectorial</i>					
Agricultura y ganadería	-73.40	-73.33	-34.54	-25.50	6.93
Silvicultura	-49.40	-49.76	-52.47	-24.32	9.56
Pesca	-85.11	-85.07	-75.26	-82.68	-35.85
Extracción de petróleo	-87.37	-87.38	-82.87	-7.02	9.16
LGN	-92.09	-97.63	-91.67	-91.67	-91.67
Extracción de gas	-91.67	-91.67	-91.67	-91.67	-91.67
Cobre	-94.95	-94.95	-89.49	-94.13	-4.44
Oro	-97.31	-97.31	-94.32	-96.92	4.79
Resto Minería metálica	-95.47	-95.47	-90.56	-94.75	-87.18
Minería no metálica	-79.72	-79.70	-57.94	-38.45	8.72
Refinación Petróleo	-83.90	-83.90	-78.82	-72.52	5.83
Fraccionamiento LGN	-91.12	-97.58	-90.75	-90.56	-90.91
Biodiesel	-83.66	-83.69	-76.26	-74.02	-23.73
Bioetanol	-92.94	-92.94	-3.37	-90.69	1.12
Industria intensiva en uso de energía	-87.29	-87.27	-73.15	-84.97	-61.20
Resto industria	-64.86	-64.83	-57.29	-62.16	-25.25

Generación electricidad	-84.90	-84.88	-79.80	-81.93	-33.70
Transmisión electricidad	-87.17	-87.17	-81.27	-84.46	-35.68
Distribución electricidad	-81.23	-81.18	-77.87	-77.79	-30.33
Transporte gas	-84.74	-84.73	-78.53	-84.10	-44.64
Distribución gas	-80.67	-80.70	-75.76	-91.98	-75.01
Construcción	-73.58	-73.54	-43.27	-70.69	-36.59
Comercio, Restaurantes y hoteles	-80.76	-80.74	-71.76	-76.81	-29.28
Transporte	-80.16	-80.22	-77.11	-63.92	-22.40
Comunicación	-62.55	-62.49	-65.25	-58.81	-17.11
Resto servicios	-68.50	-68.52	-65.18	-64.25	-21.66

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7 permite observar los costos sociales de cada escenario de acuerdo a la alternativa de costo que se elija. Las diferencias entre el escenario base (TI) y las sensibilidades pueden ser analizadas como la disposición a pagar por las tecnologías alternativas que permitan la sustitución latente de los insumos.

Tabla 7: Análisis de sensibilidad al costo social del desastre contingente. Datos en millones de dólares estadounidenses

Duración del efecto	TI		LGNimp		EGen		CCT		CC	
	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial
1 día	-335	-625	-333	-618	-290	-472	-303	-512	-123	-144
7 días	-2342	-4324	-2330	-4277	-2032	-3278	-2123	-3550	-2123	-1008
1 mes	-10035	-17718	-9985	-17535	-8708	-13580	-9097	-14663	-9097	-4275
3 meses	-30106	-47446	-29955	-47012	-26123	-37355	-27291	-40054	-27291	-12483

Fuente: Elaboración propia.

Puede observarse que la posibilidad de importar LGN ahorra un 1% de los costos diarios en su cota inferior. Por otro lado, la alternativa de plantas térmicas generadoras de electricidad sobre la base de petróleo puede reducir un 13% los costos sociales. Como es sabido, una importante proporción del transporte público y privado posee ciclos combinados en el transporte. Si ese número pudiera aumentarse (aumentando la sustitución entre gas natural y petróleo), los costos sociales pueden llegar a reducirse un 10%. La combinatoria de efectos provoca una caída del 63% en la cota inferior de los costos por el desastre.

5. Conclusiones

Los desastres pueden afectar la infraestructura energética de un país y generar interrupciones prolongadas de los servicios, sobre todo cuando se trata de líneas de alta tensión o gasoductos troncales.

El objetivo del presente trabajo es entonces estimar el impacto sobre la economía peruana de distintas alternativas de interrupciones del servicio de transporte de gas. Para ello, se utiliza un modelo de equilibrio general computado de la economía peruana de 2010, con una detallada representación del sector energético.

De las simulaciones realizadas, se observa que las restricciones sobre los gasoductos de gas tienen fuertes efectos sobre la economía. Sin embargo, en la medida que se afecte sólo líneas o infraestructura de exportación el impacto es más pequeño ya que no genera efectos indirectos a lo largo de la cadena productiva.

La duración de las interrupciones afecta la valuación de impacto. Un caso extremo podría ser la interrupción de tres meses en la provisión de gas en Malvinas, equivalente a la falla en áreas cercanas a boca de pozo de las líneas Malvinas-Pisco y Malvinas-Lima podría generar un costo de alrededor de 16/23 puntos del PBI (26 mil a 36 mil millones de dólares). En cambio, una falla de siete días en todas las líneas tendría un efecto cercano al 1,4/2,7% del PBI.

Sin embargo, estos resultados consideran muy baja elasticidad de sustitución del gas del lado de la demanda y ninguna posibilidad de sustitución del lado de la oferta. Relajar estos supuestos mejoraría los resultados. Por ejemplo, la posibilidad de que el transporte tenga mayor posibilidad de sustituir el gas reduce el efecto en 10 puntos del PIB.

6. Bibliografía

- Barro, R. (2009). "Rare Disasters, Asset Prices, and Welfare Costs." *American Economic Review*, 99(1): 243-264
- Cavallo, E., S. Galiani, I. Noy y J. Pantano (2010). *Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth*. IDB Working Papers Series IDB-WP-183.
- Dammert, A. y F. Molinelli (2006). *¿Qué significa el proyecto Camisea?* Documento de Trabajo 23, Oficina de Estudios Económicos - Osinerghmin.
- Dammert, A., R. García y A. Vásquez (2006). "Los efectos económicos del Proyecto Camisea en el Perú, 2005-2014". Documento de Trabajo 14, Oficina de Estudios Económicos - Osinerghmin.
- Lazzaroni, S. y P. van Bergeijk (2013). *Natural disasters impact, factors of resilience and development: A meta-analysis of the macroeconomic literature*. Working Paper 554, International Institute of Social Studies, Erasmus University, Rotterdam.
- Greenberg, M., N. Mantell, M. Lahr, F. Felder y R. Zimmerman (2007). "Short and intermediate economic impacts of a terrorist-initiated loss of electric power: Case study of New Jersey." *Energy Policy*, 35, 722-733.
- Horridge, M., J. Madden y G. Wittwer (2005). "The impact of the 2002–2003 drought on Australia." *Journal of Policy Modeling*, 3, 285–308
- Okuyama, Y. (2007). "Economic Modeling for Disaster Impact Analysis: Past, Present, and Future." *Economic Systems Research*, 19(2): 115-124.
- Okuyama, Y. y S. Sahin (2009). *Impact Estimation of Disasters: A Global Aggregate for 1960 to 2007*. Policy Research Working Paper 4963, World Bank.
- Okuyama, Y. y J. Santos (2014). "Disaster Impact and Input-Output Analysis." *Economic Systems Research*, 26(1): 1-12
- Robinson S., A. Cattaneo, A. y M El-Said (2001). "Updating and Estimating a Social Accounting Matrix Using Cross Entropy Methods." *Economic System Research*, 13(1): 47-64.
- Romero, C., O. Chisari, E. Greco, L. Mastronardi y J. Vila Martínez (2013). "Actualización del modelo de equilibrio general computado para Perú con énfasis en el sector energético." Informe Final, Proyecto Osinerghmin AMC N° 0034-2013.
- Rose, A. y G. Guha, 2004. "Computable general equilibrium modeling of electric utility lifeline losses from earthquakes." En: Y. Okuyama y S. Chang (Eds.), *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters*. New York: Springer.
- Rose A., G. Oladosu y S. Liao (2007). "Business Interruption Impacts of a Terrorist Attack on the Electric Power System of Los Angeles: Customer Resilience to a Total Blackout." *Risk Analysis*, 27(3): 513-531.
- Rose, A. y D. Wei (2013). "Estimating the Economic Consequences of a Port Shutdown: The Special Role of Resilience," *Economic Systems Research* 25, 212–232.
- Vásquez, A., J. Salvador, R. García y V. Fernández (2013). "Assessing risks and regulating safety standards in the oil and gas industry: the Peruvian experience." Documento de Trabajo 31, Oficina de Estudios Económicos – Osinerghmin.

- Xie, W., N. Li, J-D. Wu y X-L. Hao (2013). "Modeling economic costs of disasters and recovery involving positive effects of reconstruction: analysis using a dynamic CGE model." *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1: 6357-6398
- Zhang, P. y S. Peeta (2011). "A generalized modeling framework to analyze interdependencies among infrastructure systems." *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(3): 553-579.

7. Anexo I: Versión analítica simplificada del modelo

En una versión simplificada se representan cuatro bienes y un único consumidor doméstico. Los índices correspondientes para los bienes y servicios son $J = \{1, 2, N, R\}$. Hay dos sectores de bienes transables, uno de servicios no regulados N , y uno de servicios sujetos a regulación de precios, R . Las funciones de producción son CES, en cambio, las referidas a valor agregado y consumos intermedios se usan en proporciones fijas. Se trata de una economía pequeña, en la que el resto del mundo determina los precios de exportaciones e importaciones. De todos modos, las importaciones son sustitutos imperfectos de los bienes domésticos.

Un agente doméstico maximiza su utilidad $u(c_1, c_2, c_N, c_R, m, BD)$ sujeto a:

$$[1] \quad \sum_T p_T c_T + p_R c_R + p_N c_N + p_m m + p_b (BD - BD^*) = w \bar{L} + \sum_{I/\{R\}} r_I \bar{K}_I + \\ + \theta \pi_R^* + \theta t p_R G(L_R, K_R) + TR^w v,$$

donde θ es la participación en los beneficios del sector regulado y π_k^* es el beneficio en el sector regulado. Estos sectores tienen un tratamiento particular, dado que están sujetos a regulación de precios y obligación de servicios. La modelización requiere establecer una transferencia compensatoria de los consumidores a la firma cuando el costo marginal es menor que el precio ($t > 0$) o a la firma de sus accionistas cuando ocurre lo contrario ($t < 0$). En ambos casos, el precio tiene un tope. Adicionalmente, el último término corresponde a las transferencias recibidas del gobierno como resultado de los programas de política social; para representar estos programas se supone que la familia tiene una dotación de un cierto bien, indicada con TR^w , cuyo precio es v .

Las familias también tienen una dotación de bonos BD^* , que pueden ser comprados o vendidos, de modo que $(BD - BD^*)$ representa las compras netas al precio p_b .

Para las familias tenemos las habituales condiciones de primer orden para un máximo:

$$[2] \quad u'_T / u'_m = p_T / p_m ,$$

$$[3] \quad u'_R / u'_m = p_R / p_m ,$$

$$[4] \quad u'_N / u'_m = p_N / p_m ,$$

$$[5] \quad u'_N / u'_B = p_N / p_B .$$

Con c_T indicamos el consumo de bienes domésticos que son también exportados, con c_R el consumo de bienes regulados, y con c^N el consumo de servicios en general. La letra m indica las importaciones de las familias. Además p_T , p_R y p_m son sus respectivos precios, w es el salario y r_I es la tasa de ganancia (retribución del capital) en el sector I. \bar{L} y \bar{K} representan las dotaciones de los agentes domésticos de trabajo y capital. Si bien para muchas de las simulaciones se usa una forma Cobb-Douglas para las funciones de utilidad, se adopta la especificación de Armington entre bienes domésticos e importados, indicando así que no hay perfecta sustituibilidad. Los agentes también compran bienes de inversión, los que son producidos por una industria específica.

La restricción presupuestaria de cada hogar [1] representa: Del lado izquierdo, el gasto total en bienes y servicios, así como los pagos por impuestos indirectos por tipo de bien, y los impuestos directos; del lado derecho, las fuentes de ingreso, básicamente el ingreso laboral (público y privado), el ingreso de capital en las firmas privada, los beneficios derivados de las ventas en mercados locales y al resto del mundo, y las transferencias recibidas del sector público.

En esta representación simplificada no hemos incluido los bienes de inversión, que entran también en la función de utilidad de los consumidores (y del gobierno) y que son producidos por una industria específica, utilizando bienes domésticos e importados. Esos bienes no entran en el proceso de producción corriente como capital.

Con Y , H y G se representan las funciones de producción de los bienes transables, no transables y regulados, respectivamente. Cada firma produce un único bien. En todos los casos, se suponen rendimientos constantes a escala; esto, sumado al hecho de que los consumos intermedios se hacen en coeficientes fijos, permite subdividir los sectores en varios subsectores según el destino del bien o servicio. De esta manera, es posible diferenciar el tratamiento impositivo (por ejemplo, las exportaciones no están sujetas al Impuesto General a las Ventas (IGV) aunque se trate de un producto que se vende también en el mercado interno y que sí paga IGV). Por lo tanto, en principio no hay diferenciación tecnológica entre subsectores.

El valor agregado, y el consumo intermedio agregado, son combinados en proporciones fijas como es habitual en la mayoría de los modelos de equilibrio general computable. Es posible, sin

embargo, remover esta hipótesis para ejercicios de largo plazo. El valor agregado es obtenido combinando trabajo y capital, dentro de una función CES.

La remuneración del capital es bruta, incluyendo el pago por amortizaciones. Son entonces las familias las que toman decisiones de inversión, nueva y de reposición. En principio un bien puede devenir transable aunque no lo fuera en primera clasificación. La firma típica maximiza beneficios netos de gasto en insumos intermedios:

$$[6] \quad \pi_T = \left[p_T - \sum_{J \neq T} a_{J,T} p_J - a_{R,T} p_R - a_{N,T} p_N \right] Y_T(L_T, K_T) - wL_T - r_T K_T,$$

para $T = 1, 2$ y donde $a_{J,T}$, $a_{N,T}$ y $a_{R,T}$ son coeficientes de insumo-producto. Mantener estos coeficientes visibles puede ser útil para ejercicios de estática comparativa. Por ejemplo, una reducción de $a_{T,R}$ es una mejora en la eficiencia interna de la firma R en el uso de T , que puede ser asimilada como una mejora en la eficiencia de las firmas energéticas, la cual reduce los requerimientos de insumos intermedios por unidad de producto. En cambio, una disminución en $a_{R,T}$ es una reducción en la energía requerida por unidad de producto transable (dado la mejor performance de los operadores privados).

Las condiciones de máximo requieren:

$$[7] \quad \left[p_T - \sum_{J \neq T} a_{J,T} p_J - a_{R,T} p_R - a_{N,T} p_N \right] Y_L = w,$$

$$[8] \quad \left[p_T - \sum_{J \neq T} a_{J,T} p_J - a_{R,T} p_R - a_{N,T} p_N \right] Y_K = r_T,$$

En ambos casos, el valor del producto marginal (neto de costos intermedios) se iguala con la remuneración del factor.

Los servicios no sujetos a regulación de precios tienen funciones de beneficio dadas por expresiones similares a las anteriores:

$$[9] \quad \pi_N = \left[(1+t_N)p_N - \sum_T a_{T,N}p_T - a_{R,N}p_R \right] H(L_N, K_N) - wL_N - r_N K_N,$$

Aquí se ha agregado un impuesto a las ventas, a los fines de la presentación, aunque el modelo podría considerar casi toda la amplia gama de gravámenes existentes. Las condiciones de óptimo requieren entonces:

$$[10] \quad \left[p_N - \sum_T a_{T,N}p_T - a_{R,N}p_R \right] H_L = w,$$

$$[11] \quad \left[p_N - \sum_T a_{T,N}p_T - a_{R,N}p_R \right] H_K = r_N.$$

El modelo considera también la posible existencia de precios regulados en algunos sectores. Cuando un sector tiene regulación, se toma a su precio como limitado por un *price-cap*, y se calcula un sistema de *mark-ups* endógenos que permiten representar dos posibles situaciones: 1) que el *price-cap* quede por debajo del costo marginal, con lo que el *mark-up* se vuelve negativo, dado que la regulación en general establece la obligación de servicio (es decir, la firma es pasiva a la demanda y la diferencia entre costo y precios es cubierta por los accionistas); 2) que el *price-cap* sea mayor que los costos marginales, situación equivalente a que los consumidores estén pagando un *mark-up* sobre costos, que es recaudado por los accionistas.

El resto del mundo produce sustitutos para las exportaciones locales y bienes en general, que son importados por la economía peruana, y para producirlos utiliza un único factor indicado con F :

$$[12] \quad \pi_m^* = p_m \alpha(F_m) - w^* F_m,$$

$$[13] \quad \pi_T^* = p_T \beta_T(F_T) - w^* F_T,$$

$$[14] \quad p_m \alpha' = w^*,$$

$$[15] \quad p_T \beta_T' = w^*,$$

$$[16] \quad m^s = \alpha(F_m),$$

$$[17] \quad x^s = \beta_T(F_T).$$

donde π_m^* y π_T^* representan los beneficios de las empresas extranjeras que producen importaciones y sustitutos perfectos de los transables. Con w^* , se indica la remuneración del valor

agregado del resto del mundo. F_m y F_T son las cantidades de ese valor agregado empleado en las industrias de importaciones y transables respectivamente. Las funciones de producción: $\alpha(F_m)$ y $\beta_T(F_T)$ dan la oferta total de esos bienes. Cuando α' y β_T' son constantes, la frontera de transformación del resto del mundo es lineal, y los términos del intercambio están dados por $p_T/p_m = \alpha/\beta_T$ (hipótesis de economía pequeña).

Las familias extranjeras reciben las rentas de los factores que les pertenecen, incluyendo el capital físico instalado en la Argentina y el que se usa en el resto del mundo. Maximizan una función de utilidad $v(x_T, m^*, BX)$ que depende del consumo de nuestros bienes transables y de los bienes que se producen en el extranjero, así como de la tenencia de bonos. Su restricción presupuestaria es:

$$[18] \quad p_m m^* + p_T x_T + b(BX - BX^*) = w^* \bar{F} + (1-\theta)\pi_R + \pi_m^* + \sum_T \pi_T^* + t p_R G(L_R, K_R)(1-\theta)$$

El agente extranjero recibe beneficios y remuneración del capital doméstico y del resto del mundo. Aquí se indica con x_T a las exportaciones. Los bonos también entran como argumento de su función de utilidad; donde el agente tiene una dotación inicial BX^* . El segundo y el último término en el lado derecho de la ecuación corresponden a la participación del capital extranjero en los sectores regulados.

El gobierno es tratado como un agente especial que recibe la recaudación impositiva y la redistribuye, o compra bienes de consumo o de inversión. Tiene una función de utilidad UG , con la cual se estiman entonces cambios en su nivel de bienestar mediante la variación equivalente, como ocurriría con una familia. Además de los impuestos, el gobierno puede emitir bonos.

Los impuestos considerados en el modelo son todos los relevantes, incluyendo impuestos al comercio exterior, al valor agregado, a los factores a nivel de las firmas y a las ganancias a nivel de las familias. El tratamiento del IGV es detallado para representar las exenciones y los regímenes especiales por destino (a las exportaciones o bienes de inversión).

Como ya se mencionó las transferencias TR a los pobres se tratan como compras de una dotación, un artificio útil para representarlas en un ambiente walrasiano.

Se ha supuesto aquí que la inversión del gobierno IG se hace en no transables, aunque en el modelo de equilibrio general computable corresponde a una industria particular.

El gobierno tiene una dotación BG^* de bonos y $(BG - BG^*)$ son sus compras netas. La ecuación [III-19] presenta una versión simplificada de la restricción presupuestaria del gobierno:

$$[19] \quad TR + LG + IG + G + p_b BG = [tNp_{NH}(LN,KN)] + p_b BG^*.$$

La función de utilidad atribuida al gobierno es del tipo Cobb-Douglas; por lo tanto, el gasto en las transferencias, en el empleo público LG , así como el gasto en transables y no transables, GT y GN y en los bonos representarán proporciones fijas del total de recursos del gobierno. La inversión del gobierno, IG es un bien más, producido por un agente, a quien también le compran las familias; en la producción de inversión se usan insumos importados, pero la industria no exporta directamente.

Las ecuaciones (20) a (22) representan las condiciones de equilibrio para los factores usados domésticamente, y (23) es la condición de equilibrio en el mercado del factor extranjero. Las ecuaciones (24) a (27) corresponden a las condiciones de equilibrio en mercados de bienes. La ecuación (28) define la condición de equilibrio en el mercado de transferencias, y (29) corresponde al mercado de bonos.

$$[20] \quad \bar{L} = L_1 + L_2 + L_R + L_N + LG ,$$

$$[21] \quad \bar{K}_T = K_T \quad (T = 1, 2) ,$$

$$[22] \quad \bar{K}_N = K_N ,$$

$$[23] \quad \bar{F} = F_m + \sum_T F_T ,$$

$$[24] \quad G(L_R, K_R) + q_R = \sum_T a_{R,T} Y_T(L_T, K_T) + a_{R,N} H(L_N, K_N) + c_R ,$$

$$[25] \quad Y_T(L_T, K_T) + x_T^s = a_{T,R} G(L_R, K_R) + a_{T,N} H(L_N, K_N) + c_T + x_T ,$$

$$[26] \quad H(L_N, K_N) = \sum_T a_{N,T} Y_T(L_T, K_T) + a_{N,R} G(L_R, K_R) + c_N + G + IG ,$$

$$[27] \quad m^s = m + m^* ,$$

$$[28] \quad TR = TR^w ,$$

$$[29] \quad BD + BG + BX = BD^* + BG^* + BX^* ,$$

La solución incluye la determinación de los precios de bienes, factores, bonos y “transferencias” de modo de equilibrar simultáneamente todos los mercados. Bajo desempleo, los salarios deben determinarse agregando una condición a las anteriores; el escenario básico contempla fijarlos de modo de mantener constante el salario real (este agregado posibilita que los hogares puedan elegir entre trabajo y ocio). Bajo movilidad del capital, una fracción del capital es móvil entre sectores, y para esa fracción, la tasa de ganancia es similar.

8. Anexo II: Construcción de la MCS

Las fuentes de información de los VBP de las actividades energéticas han sido las siguientes. Los correspondientes a los sectores de energía primaria (Extracción de Petróleo, LGN y Gas Natural) fueron calculados a partir de datos de PERUPETRO. El VBP de Fraccionamiento de LGN se obtuvo del Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Para Refinación de Petróleo se utilizaron los balances de las refinerías Pampilla S.A. y Petroperú S.A. Para los servicios de Transporte y Distribución de Gas Natural y Electricidad la información de producción surge de los estados financieros recopilados por Osinergmin¹⁷.

La estructura de costos del sector Extracción de petróleo y gas se estimaron a partir de la Tabla Insumo-Producto (TIP) 2007 preparada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Las demandas de Petróleo y LGN son con destino exportación o Refinación de Petróleo y Fraccionamiento de LGN, respectivamente. Parte del gas natural es exportado (Lote 56 de Camisea en forma de gas natural licuado), y las demandas intermedias se distribuyen entre las compras que realiza la distribuidora, y las compras que realizan los grandes usuarios. Las estructuras de costos surgen del sector Refinación de Petróleo de la TIP 2007 y las ventas también de la misma fuente¹⁸.

Los datos de producción de Biodiesel y Bioetanol surgen de USDA¹⁹. Las estructuras de costos de IFPRI²⁰. Las estructuras de ventas de los sectores Diesel para Biodiesel y Gasolina para Bioetanol surgen de la TIP 2007.

Para los servicios de Transporte y Distribución de gas natural, la información de producción y costos surgen de los estados financieros de las empresas concesionarias en funcionamiento a la fecha: Transportadora de Gas del Perú (TGP) y en distribución Cálidda. La distribución sectorial de

¹⁷ OSINERGMIN. "Procesamiento y análisis de la información económica y financiera del sector eléctrico", (2010).

¹⁸ Los productos se encuentran con mayor desagregación que las actividades en la TIP 2007, de esta manera las ventas de Fraccionamiento se distribuyen en base a las del sector Gas licuado de petróleo, y las de Refinación de petróleo en base a los sectores Diesel, Gasolina, Petróleo industrial, Combustible de avión tipo kerosene, Aceites y grasas lubricantes, Kerosene y Otros productos derivados del petróleo.

¹⁹ United States Department of Agriculture. Perú Biofuels Annual Report (Agosto 2010).

²⁰ International Food Policy research Institute. "An Economic Assesment of Alternative Production Pathways for Peruvian Biofuels Production" (Julio 2010).

las ventas se realizó con base en los datos de ventas en unidades físicas que surgen del Balance Energético²¹ y en los precios y tarifas por cada uno de los servicios, por tipo de cliente.

La información de producción y costos de Generación, Transporte y Distribución de Electricidad surgen de los balances consolidados de las empresas que recopila el Osinergmin. La distribución sectorial de ventas en el mercado regulado y libre también surge de las estadísticas del Osinergmin²².

Para todos los energéticos, los datos de exportaciones e importaciones surgen de los Informes Estadísticos Mensuales del Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

La matriz insumo-producto surge de la actualización de la tabla insumo-producto del año 2007 con la desagregación de los sectores energéticos en base a la información sectorial recopilada. Estimaciones consistentes se obtienen mediante el método de Entropía Cruzada (Robinson, Cattaneo y El-Said, 2001).

En cuanto a la demanda, los grupos de consumidores domésticos se dividen por quintiles de ingreso, el gobierno, un consumidor extranjero y un productor extranjero. Se adopta el supuesto de economía abierta y pequeña, lo que implica que el Perú es un tomador de precios en los mercados internacionales.

Se modelan cinco tipos de hogares distribuidos por nivel de ingreso per cápita. Los mismos realizan gastos en bienes de consumo e inversión, y pagan impuestos. Poseen ingresos factoriales y transferencias. Las estructuras de consumo por tipo de bien, los ingresos por tipo de factor y transferencias para cada hogar se obtienen de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) del año 2007.

El modelo supone que el gobierno posee como recursos la recaudación impositiva, contribuciones sociales y otros ingresos no tributarios; sus gastos corresponden tanto a la adquisición de bienes y servicios de consumo y de inversión, como así también, a transferencias dadas a los hogares. El gobierno considerado en la matriz de contabilidad social es el gobierno general consolidado (central, regionales y locales). Los gastos en bienes de consumo e inversión

²¹ MINEM. "Balance Nacional Energético", (2010).

²² Osinergmin: "Procesamiento y Análisis de la información comercial de las empresas de electricidad" (2010) para el mercado regulado, y "Mercado Libre, boletín anual 2010", para el mercado libre.

surgen del cuadro de oferta y demanda de Cuentas Nacionales, y los ingresos tributarios por tipo de impuesto y su distribución por nivel de actividad se obtiene de SUNAT.

Los consumos del resto del mundo son las exportaciones del Perú y bienes de otros países. La producción del resto del mundo son las importaciones del Perú y transacciones con otros países. A su vez, se consideran los ingresos y egresos por rentas factoriales obtenidas del Banco Central de Reservas del Perú (BCRP).

Para las instituciones modeladas, el saldo de ingresos y gastos es la posición financiera neta, siendo esta última una cuenta financiera utilizada para el cierre de la MCS. Para los hogares, surge como diferencia entre los ingresos y gastos modelados, para el gobierno representa el resultado económico general, y para el resto del mundo el saldo de la cuenta corriente de la balanza de pagos.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin
Gerencia de Políticas y Análisis Económico – GPA

Alta Dirección

Ing. Jesús Tamayo Pacheco Presidente del Consejo Directivo

Ing. Julio Salvador Jácome Gerente General

Equipo de Trabajo de la GPA

Dr. Arturo Vásquez Cordano Gerente de Estudios Económicos

Mg. Carlos Aguirre Zurita Asesor Técnico Económico

Especialistas Sectoriales:

Victor Zurita Saldaña (Minería), Carlo Magno Vilches (Electricidad y Gas), Ricardo de la Cruz Sandoval (Hidrocarburos)

Analistas Económicos:

Donald Barboza, Francisco Coello Jaramillo, Edison Chávez, Melissa Llerena Pratolongo, Carlos Miranda

Asistente Administrativo:

Clelia Bandini Malpartida



Osinergmin

ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA

Gerencia de Políticas y Análisis Económico
Bernardo Monteagudo 222 - Magdalena del Mar - Lima 17
Teléfono: 219-3400 Anexo: 1057 Fax: 219-3413

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/estudios_economicos/oficina-estudios-economicos

www.osinergmin.gob.pe