

**Universidad del Rosario**  
**Facultad de Economía**  
**Escuela Doctoral de Economía**  
**Maestría en Economía**

**Tesis:**

**Auge Minero-Energético, Enfermedad Holandesa e Informalidad en  
Colombia: Un análisis a partir de un Modelo DSGE**

**Carlos Andrés Ballesteros Ruiz**

**Asesor de Tesis:**

**Fernando Jaramillo Mejía**

# Auge Minero-Energético, Enfermedad Holandesa e Informalidad en Colombia: Un análisis a partir de un Modelo DSGE

6 de diciembre de 2015

## 1. Introducción

Desde el año 2004 hasta julio de 2014, se presentaron abundantes entradas de flujos de capital en Colombia, favoreciendo el comportamiento de la cuenta corriente de la balanza de pagos, y de la economía en general. Estos flujos de capital, representados en forma de Inversión Extranjera Directa (IED), se dirigieron principalmente al sector minero-energético con el fin de financiar actividades de exploración de nuevos yacimientos de petróleo y de transporte de carga pesada (López, Montes, Garavito y Collazos, 2013). El mayor ingreso de estos recursos dirigidos a la actividad minero-energética, se explicó en gran medida por los altos precios de commodities como el petróleo, carbón y níquel. Como resultado de este fenómeno, la producción de crudo estuvo en constante aumento durante este periodo. Este hecho implicó que las actividades minero-energéticas hayan cobrado mayor importancia dentro de la economía, hasta representar alrededor del 40 % de los ingresos fiscales, el 60 % de las exportaciones totales y el 40 % de la cuenta corriente de la balanza de pagos (Cano, 2010).

Los altos precios internacionales de commodities, sumados a la abundante entrada de capitales extranjeros, lleva a la posibilidad de que se haya presentado el fenómeno de la enfermedad holandesa. En esta dirección, algunos estudios empíricos en Colombia relacionados con los efectos del boom minero energético, llegan al resultado de que efectivamente se presentó el fenómeno de la enfermedad holandesa (Clavijo, Vera, y Fandiño, 2012; Goda y Torres, 2015).

Adicionalmente, en Colombia existen trabajos como los de Suescún (1997) y Ojeda, Parra y Vargas (2014), que analizan los posibles efectos macroeconómicos y respuestas de política fiscal que podría experimentar la economía colombiana, frente a choques positivos de productividad en sectores productores de bienes primarios, como el café, los minerales y el petróleo. En particular, el trabajo de Ojeda et al. (2014) estudia los posibles efectos sobre los precios, los salarios, la tasa de cambio real, el producto y el empleo, frente a choques positivos de productividad en el sector minero-energético colombiano, a través de un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE, por sus siglas en inglés).

Los resultados del estudio van en línea con los efectos que se encuentran en la literatura convencional acerca del fenómeno de la enfermedad holandesa, es decir, aumenta el consumo, se aprecia la tasa de cambio real, y ocurre un desplazamiento de recursos desde los sectores transables diferentes al sector del auge, hacia los sectores no-transables, como el de la construcción, actividades inmobiliarias, y servicios. Esto ocasiona un debilitamiento de la producción, empleo y stock de capital en el sector manufacturero transable, para luego aumentar el producto y el empleo en el sector productor de bienes no-transables. Finalmente, independientemente del tipo de regla fiscal que el gobierno adopte, los autores concluyen que el bienestar total de los hogares aumenta, aunque bajo una parametrización contracíclica el bienestar de las familias es mayor, en comparación con la ganancia en bienestar que se produce cuando la regla fiscal es procíclica.

Sin embargo, desde la primera mitad del año 2014 los precios internacionales de estos bienes primarios han venido cayendo de manera acelerada y persistente, lo que induce a concluir que el auge minero energético en el país ya no existe. Por su parte, el gobierno y la política fiscal colombiana se prepararon desde 2011 para un auge minero energético de aproximadamente 10 años más, cuando en realidad la bonanza petrolera y minera ha sido vulnerable a las fluctuaciones de capitales y precios internacionales, factores que son impredecibles para una economía pequeña y abierta, como la colombiana.

En ese sentido, en términos generales es pertinente cuestionarse qué efectos trae para la economía colombiana un auge minero-energético que, en principio, se esperaba fuera permanente, pero que en realidad ha sido transitorio. En particular, dado que tanto el sector productor de bienes transables diferente al minero-energético como los sectores productores de no-transables, son ambos intensivos en el uso de mano de obra, es pertinente investigar cuál es el ajuste del mercado laboral frente a esta situación.

Específicamente, dado que los sectores no-transables, como el de la construcción, el de actividades inmobiliarias y de servicios, son intensivos en mano de obra no calificada, surge la hipótesis acerca de que la enfermedad holandesa no solamente reasigna recursos agregados de capital y empleo desde el sector manufacturero (transable) a los sectores no-transables, sino que también es posible que algunos recursos productivos no calificados se trasladen desde sectores informales hacia actividades formales no-transables (Arguello, Jiménez, Torres y Gasca, 2014). En esa dirección, datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) muestran que la razón porcentual entre el número de ocupados informales y el número de ocupados formales, medida como el logaritmo natural del cociente de estas dos variables, ascendió a un máximo 9,8 % en marzo de 2009, para descender continuamente a -5,1 % en enero de 2014; en un contexto donde la tasa de desempleo exhibió una tendencia negativa.

Con el fin de estudiar rigurosamente los elementos anteriormente mencionados, la presente de Tesis tiene como objetivo principal desarrollar un modelo macroeconómico de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) que incorpore empleo formal e informal, para luego llevar a cabo un ejercicio de calibración con base en algunos hechos estilizados importantes de la economía colombiana, que permita analizar los efectos macroeconómicos que se derivan de simular un choque positivo al componente estocástico de la productividad del sector minero-energético, y en consecuencia observar el ajuste dinámico del mercado laboral, particularmente del empleo formal, empleo informal y desempleo.

El modelo consta de una economía pequeña y abierta, el cual sigue de cerca a la estrategia de modelación de los hogares de Jaramillo, Guataquí y Obando (2015), en el sentido que el hogar representativo está compuesto por miembros que trabajan en el sector formal y en el sector informal, además de considerar miembros desempleados. Las preferencias del hogar son la suma de las preferencias de cada uno de sus miembros, lo que implica que éstos enfrentan restricciones presupuestarias diferentes, a la vez que cada función de utilidad específica es separable en cada uno de sus argumentos. El sector productivo se compone de un sector informal y un sector formal, siendo este último un compuesto de 3 subsectores productivos: bienes no-transables, bienes manufacturados transables y bienes minero-energéticos, basado en la estrategia adoptada por Ojeda, et al. (2014). Adicionalmente, las firmas formales demandan trabajadores y fijan salarios de eficiencia, tal como sucede en Alexopolulos (2004) y Jaramillo, et al. (2015), con el fin de incorporar sector informal y desempleo. En este caso, el salario del sector formal es único, lo que implica libre movilidad de los trabajadores entre los subsectores del sector formal. Con respecto a la política fiscal, el gobierno establece impuestos proporcionales a los ingresos de los empresarios formales, y el gasto del gobierno es improductivo, en el sentido que su totalidad se destina en forma de transferencias de suma fija a las restricciones presupuestarias de los miembros del hogar, como se muestra en Ojeda, et al. (2014). La inclusión del gobierno es importante para generar el mecanismo de la enfermedad holandesa, pues el mayor consumo total frente al boom minero-energético, se da a través de mayores salarios y mayor consumo público a través de transferencias de suma fija hacia los hogares.

Con respecto a los resultados, un choque transitorio positivo a la productividad del sector minero-energético genera un aumento generalizado de los salarios en el sector formal y en el recaudo tributario,

incrementando el consumo total de los miembros del hogar. Esto genera un incremento del precio de los bienes no transables relativo al precio de los bienes transables, disminuyendo la tasa de cambio real (apreciación) y provocando un desplazamiento de los recursos productivos, desde el sector transable (manufacturero) al no-transable, seguido de un aumento en el PIB y empleo formal de la economía. Este hecho hace que el sector formal agregado absorba trabajadores desde el sector informal a través del subsector formal no-transable, lo que disminuye el PIB informal. En consecuencia, el consumo neto de los miembros informales disminuye, lo que incentiva a que algunos miembros del hogar no se empleen en el sector informal y prefieran quedarse desempleados. Por lo tanto, el resultado final sobre el mercado laboral es una disminución de los trabajadores informales, de los cuales una parte se encuentra en el sector formal, y la parte restante está en condición de desempleo. Adicionalmente, se comparan los resultados de un choque positivo a la productividad del sector minero energético, con un choque al precio de los commodities, arrojando los mismos resultados cualitativos a los obtenidos ante un aumento de la productividad minero energética.

Esta Tesis está estructurada de la siguiente manera. La primera sección es esta introducción. En la segunda sección se encuentran el objetivo principal y los objetivos específicos, seguida de la tercera sección, que expone la literatura relacionada asociada a los efectos de un choque positivo de productividad en el sector minero-energético sobre los sectores transables y sobre el ajuste del mercado laboral total (formal, informal y tasa de desempleo). En cuarto lugar, se presentan los hechos estilizados y evidencia empírica que motivan la investigación, seguida de la quinta sección que introduce la descripción del modelo y de la sexta sección que muestra los detalles de la calibración. Posteriormente, la séptima sección muestra e interpreta los resultados de las simulaciones, y finalmente la octava sección presenta las conclusiones.

## 2. Objetivos

El propósito principal de la Tesis es explicar el ajuste del mercado laboral frente al auge minero-energético que vivió Colombia entre 2004 y 2014, a través de un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE). En particular, se planea desarrollar un modelo DSGE que incorpore empleo formal e informal, el cual permita llevar a cabo un ejercicio de calibración con base en algunos hechos estilizados importantes de la economía colombiana, para luego analizar los efectos macroeconómicos que se derivan de simular un choque positivo al componente estocástico de la productividad del sector minero-energético.

En ese orden, los objetivos específicos del presente trabajo son:

1. Argumentar, a través de hechos estilizados y evidencia empírica, que se han presentado los síntomas de la enfermedad holandesa en Colombia, a raíz del incremento del precio internacional del petróleo y del aumento de los flujos de capital extranjero.
2. Mostrar, a través de hechos estilizados, que el ajuste del mercado laboral colombiano frente a esta coyuntura ha consistido en una caída del empleo informal y un aumento del empleo formal, acompañado de una caída en la tasa de desempleo.
3. Desarrollar y calibrar para Colombia un modelo DSGE que incorpore empleo formal e informal, que desde la teoría macroeconómica moderna explique los mecanismos de transmisión que existen entre el sector minero-energético y el mercado laboral.
4. Analizar los efectos macroeconómicos que se derivan de simular un choque positivo al componente estocástico de la productividad del sector minero-energético, para dar cuenta del ajuste dinámico del mercado laboral frente al boom minero-energético que experimentó el país entre 2004 y 2014.

### 3. Literatura relacionada

El estudio de los efectos que potencialmente trae para la economía un boom minero-energético, hace necesario abordar diversas relaciones económicas, con el fin de comprender sus consecuencias sobre la reasignación de recursos entre sectores transables y no transables, formales e informales, a la vez que resalta la importancia del análisis de las posibles respuestas del nivel de precios, empleo, desempleo y producto total. Para este propósito, la revisión de literatura integra 3 aspectos relacionados con los efectos que un auge minero-energético puede llegar a generar sobre la economía. En primer lugar, se abordan algunos trabajos de la literatura que han utilizado modelos de Equilibrio General, que han tratado de explicar los efectos de auges mineros y energéticos sobre la reasignación de los recursos productivos, desde sectores transables hacia sectores no transables. En segunda instancia, se mencionan algunos trabajos que han considerado el ajuste del mercado laboral, frente a choques minero-energéticos, en el contexto de los modelos macroeconómicos de equilibrio general dinámicos. Finalmente, se hace una breve revisión de trabajos anteriores que mencionan las respuestas de política fiscal que la literatura considera adecuadas, con el objetivo de mitigar los posibles efectos negativos que trae para la economía un auge de recursos naturales.

#### 3.1. Enfermedad Holandesa en los modelos macroeconómicos de Equilibrio General

Uno de los trabajos pioneros que se encarga de analizar la relación existente entre un boom-minero energético y el resto de las variables de la economía, en un contexto de equilibrio general, es el de Corden y Neary (1982). El modelo es una economía pequeña y abierta, en donde se producen dos bienes transables a un precio determinado exógenamente en el resto del mundo: un bien manufacturero y un bien energético; a la vez que existe un bien no-transable (servicios), cuyo precio fluctúa flexiblemente para igualar la oferta con la demanda doméstica. El modelo se abstrae de consideraciones nominales, en el sentido de que los precios (relativos) se determinan con respecto al precio de los bienes transables (rígido). Entre otros supuestos, la tasa de cambio nominal es igual a 1, se satisface la ley del precio único, y los salarios son completamente flexibles, implicando que se satisface la condición de pleno empleo en todo momento del tiempo.

En términos de resultados, al asumir libre movilidad del trabajo entre los sectores, el auge en la productividad y producción del bien energético genera un fenómeno de desindustrialización que se refleja en una contracción del producto y del empleo manufactureros, acompañados de un déficit de la balanza comercial en este sector. Adicionalmente, el boom energético produce una apreciación de la tasa de cambio real, debido al incremento relativo del precio de los bienes no-transables, con respecto al precio de los bienes transables. Sin embargo, un resultado importante del modelo es que la desindustrialización no ocurre debido a la apreciación real del tipo de cambio per se, argumentando que el declive de este sector es una consecuencia del nuevo equilibrio de la economía después del boom energético, el cual se caracteriza por tener precios de no-transables altos y flexibles, y precios de transables (manufactureros) constantes y exógenos.

Sin embargo, el trabajo de Beverelli, Dell'Erba y Rocha (2011) desarrolla un modelo de Equilibrio General Estático, con 3 sectores productivos: transable intensivo en el uso de recursos naturales (manufacturero), un sector productor de bienes energéticos y un sector de bienes no-transables (servicios). El propósito del modelo es identificar teóricamente cuáles serían los efectos de reasignación de recursos, entre sectores transables y no transables, cuando la economía encuentra nuevos recursos naturales. Los autores muestran que un choque positivo a la cantidad de recursos naturales, no necesariamente implica una apreciación de la tasa de cambio real y, por tanto, no necesariamente un fenómeno de desindustrialización. Dentro del modelo, el efecto reasignación va en dirección contraria al efecto gasto: i) encontrar cierta cantidad de nuevos recursos naturales aumenta el rendimiento del stock de capital en el sector boom, lo que genera un desplazamiento del stock de capital desde el sector manufacturero al sector energético. Dado el mismo nivel de salarios en el sector de manufacturas,

el menor stock de capital disminuye la productividad marginal del trabajo para todo nivel de empleo manufacturero, lo que disminuye el nivel de trabajo y producción de equilibrio en este sector. Esta cantidad sobrante de trabajo se dirige al sector no-transable, lo que aumenta la producción y oferta de servicios. La mayor oferta contrae el nivel de precios de los bienes no-transables y, por tanto, se deprecia la tasa de cambio real. Por otra parte, ii) el efecto gasto hace que los mayores ingresos de la economía generen presiones de consumo y demanda sobre los bienes transables y no-transables. Dado que el precio de los bienes transables se determina exógenamente por la oferta y la demanda del resto del mundo, y la economía local toma dicho precio como dado (economía pequeña), únicamente aumenta el precio de los bienes no-transables, lo que implica una disminución (apreciación) de la tasa de cambio real. Por lo tanto, descubrir nuevos recursos naturales no necesariamente conlleva a una apreciación real, sino que los movimientos cambiarios reales dependen de si domina el efecto reasignación o el efecto gasto.

Al contrastar esta posibilidad con la evidencia empírica, en primera instancia los autores encuentran que en todos los países donde hubo un descubrimiento de nuevos recursos naturales, se presentó una caída (apreciación) de la tasa de cambio real. En segundo lugar, el trabajo concluye que el fenómeno de la enfermedad holandesa es menos fuerte en las economías cuyo sector manufacturero cuenta con industrias que son intensivas en la demanda de bienes energéticos para sus procesos de producción. De esta manera, se presenta evidencia empírica acerca de que países cuyo sector manufacturero está directamente relacionado con el sector intensivo en recursos naturales, experimentan una menor tendencia a la apreciación real y, en consecuencia, su sector industrial es menos vulnerable a este tipo de choques.

Aunque el estudio de Beverelli, et al. (2011) ofrece alternativas para no considerar la posibilidad de una enfermedad holandesa en Colombia, el trabajo de López, et al. (2013) muestra que en el año 2011 el 70 % de la producción nacional de petróleo se registraba como exportaciones, i.e. en Colombia la gran mayoría de petróleo que se produce, se destina a la exportación.

En esa dirección, el estudio de Ojeda, Parra y Vargas (2014) presenta un modelo de Ciclo Real de Negocios (RBC) en el contexto de los modelos de Equilibrio General Dinámicos y Estocásticos (DSGE), con el fin de explicar la reacción de las principales variables macroeconómicas de Colombia frente al auge minero-energético que vivió el país, desde el año 2004 hasta mediados del año 2014.

El modelo consta de una economía pequeña y abierta, con 3 sectores: un sector productor de bienes no-transables, cuya función de producción tiene como argumento únicamente el factor trabajo, y dos sectores transables, que adicionalmente cuentan con acumulación de capital físico: el sector Manufacturero y el sector Minero-Energético. Para simplificar la especificación del modelo, se establece un solo nivel de salario real para los 3 sectores, de tal manera que hay libre movilidad del trabajo.

Los resultados cualitativos de las funciones de impulso-respuesta, frente a un choque positivo de productividad al sector minero-energético, van en la dirección convencional de la literatura sobre los efectos de la enfermedad holandesa: Aumenta el consumo de los hogares, como consecuencia aumenta la demanda agregada y el nivel general de los precios, luego ocurre una apreciación de la tasa de cambio real, se debilita el PIB y empleo manufactureros, y esto ocasiona un desplazamiento de los recursos productivos al sector productor de bienes no-transables. Este fenómeno aumenta el bienestar total de los hogares, independientemente de si la regla fiscal adoptada por el gobierno es procíclica o contracíclica y, por último, todas las variables retornan a sus niveles iniciales de estado estacionario, una vez desaparece completamente el efecto del choque positivo temporal (aunque persistente) de productividad minero-energética.

Finalmente, el trabajo de Orrego y Vega (2014) es muy similar al de Ojeda, et al. (2014). La diferencia entre estos dos estudios, radica en que Orrego, et al. (2014) establece una forma funcional y parametrización diferente para la regla fiscal, a la vez que calibra el modelo con datos de la economía peruana. Sin embargo, los resultados cualitativos son considerablemente similares y, por tanto, la respuesta de todas las variables va en la dirección convencional de la enfermedad holandesa, aunque la totalidad de los efectos resultan ser un fenómeno transitorio.

### 3.2. Efectos de la Enfermedad Holandesa sobre el Mercado Laboral

Hasta el momento, la literatura nacional e internacional que se ha centrado en el desarrollo de modelos DSGE, con el fin de estudiar los efectos derivados de auges de productividad e inversión extranjera en los sectores intensivos en el uso de recursos naturales, no han considerado la posibilidad de incorporar un mercado laboral de manera integral en su estrategia de modelación.

En ese sentido, trabajos recientes como los de González, López, Rodríguez y Téllez (2013), Ojeda, et al. (2014) y Orrego, et al. (2014), únicamente se han centrado en considerar a la variable empleo en el ajuste del mercado laboral, frente a choques positivos a la productividad del sector minero-energético. Estos trabajos, abordan el fenómeno de la enfermedad holandesa en modelos DSGE para economías pequeñas y abiertas, llegando a la conclusión generalizada de que aumenta el nivel de empleo en el sector productor de bienes no-transables, en detrimento del nivel de empleo en los sectores transables diferentes al minero energético (manufacturas); concluyendo que el nivel de empleo total no se altera considerablemente.

Según Arguello, Jiménez, Torres y Gasca (2014), la baja calificación de los trabajadores en el sector productor de bienes no-transables, implica que un aumento de los salarios y empleo en este sector, podría incentivar a algunos trabajadores informales no calificados a ofrecer su fuerza de trabajo en el sector de no-transables. Por tal motivo, una estrategia de modelación adecuada, que incorpore el ajuste del mercado laboral frente a choques minero-energéticos, consiste en la posibilidad de distinguir entre el nivel de empleo formal e informal, a la vez que considerar la existencia de una tasa de desempleo nacional.

En esa dirección, se encuentra el trabajo de Jaramillo, Obando y Guataquí (2015), el cual consta de una economía cerrada de precios flexibles, un sector productivo formal y otro informal. Los autores asumen la existencia de salarios de eficiencia en el sector formal de la economía, con el fin de incorporar desempleo en el modelo. De esta manera, un choque agregado de productividad tiene en cuenta el ajuste dinámico de la tasa de desempleo, la tasa de empleo formal y la tasa de empleo informal, lo que conlleva a la determinación dinámica del nivel de empleo total de la economía.

Con el fin de entender de manera integral el ajuste del mercado laboral, ante fenómenos de enfermedad holandesa en economías pequeñas y abiertas, surge la necesidad de fusionar las estrategias de modelación macroeconómica realizadas por Ojeda, Parra y Vargas (2014) y Jaramillo, Obando y Guataquí (2015). Dado que las dos estrategias de modelación se basan en ciertas modificaciones del modelo convencional de Ciclo Real de Negocios (RBC), la construcción de un modelo macroeconómico dinámico basado en las características de ambas economías, es factible.

### 3.3. Manejo macroeconómico y respuestas de la política fiscal

La literatura relacionada con el papel de la política fiscal, en presencia de fenómenos de enfermedad holandesa, sugiere que los efectos de un auge de recursos naturales pueden ser positivos o negativos. En ese sentido, los resultados económicos y sociales pueden ser beneficiosos, dependiendo del manejo de la política fiscal, pues varios estudios muestran que reglas fiscales contracíclicas pueden atenuar la volatilidad de las variables económicas, frente a la incertidumbre generada por la volatilidad exógena de los precios internacionales de bienes primarios e Inversión extranjera Directa, en una economía pequeña y abierta (Ojeda, et al., 2014).

Dado el comportamiento altamente variable e impredecible de los ingresos gubernamentales provenientes de las actividades minero-energéticas, se genera un reto en el manejo de la política fiscal, pues la evidencia empírica disponible sugiere que estas mayores rentas generan cada vez mayor pro-ciclicidad del gasto público (Cano, 2010).

En esa dirección, Pieschacón (2012) desarrolla un modelo RBC de economía pequeña y abierta, que produce bienes transables y no transables, y existe una determinada dotación de petróleo. El modelo simula un choque positivo al precio internacional de este bien, cuyo resultado final implica una reasignación de recursos desde las firmas transables hacia las no transables. Al estimar un modelo VAR

Estructural parcialmente identificado para dos economías pequeñas y abiertas (Noruega y México), se incorpora la variable política fiscal para ver su incidencia en las funciones de impulso respuesta del consumo, producto y precio relativo de los bienes no-transables, con respecto a los bienes transables, frente a un choque positivo al precio del petróleo. La autora muestra que una política fiscal que aisle los choques en el precio del petróleo de la economía, mejora el bienestar de sus habitantes con respecto a reglas fiscales procíclicas.

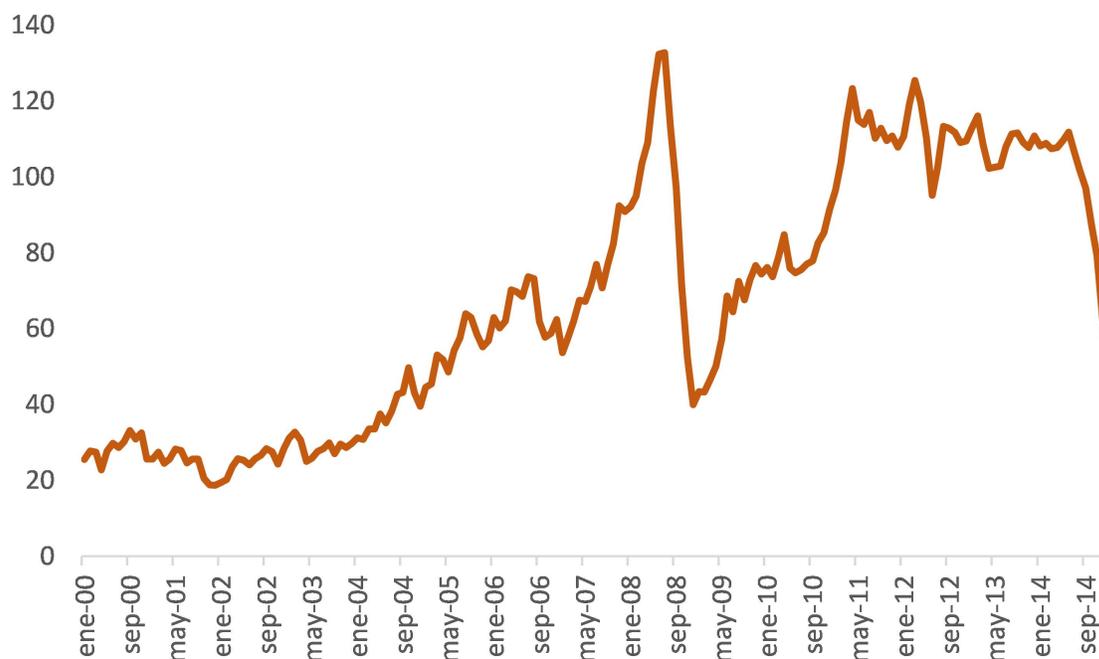
Por su parte, Orrego y Vega (2014) simulan un choque de productividad transitorio al sector minero energético, en el contexto de un modelo RBC de economía pequeña y abierta, el cual es calibrado para Perú, encontrando que los efectos negativos de la enfermedad holandesa pueden compensarse con una regla fiscal contracíclica, además de aumentar el bienestar de los hogares, en comparación con una regla procíclica.

De manera similar a Orrego y Vega (2014), para el caso colombiano Ojeda, et al. (2014) simulan un choque positivo transitorio a la productividad minero-energética, encontrando que el bienestar de los hogares aumenta en mayor cuantía cuando la regla fiscal es contracíclica.

#### 4. La Enfermedad Holandesa y el Contexto Económico Colombiano

Desde el año 2004 hasta julio de 2014, en Colombia se ha presentado un aumento de la producción de petróleo y minería, como respuesta a los altos precios internacionales de los bienes primarios, y a la abundante entrada de capitales extranjeros, representados en forma de Inversión Extranjera Directa (IED). Por tal motivo, el sector minero-energético se ha convertido en un sector que ha aumentado considerablemente su participación en la actividad económica total (López, Montes, Garavito y Collazos, 2013).

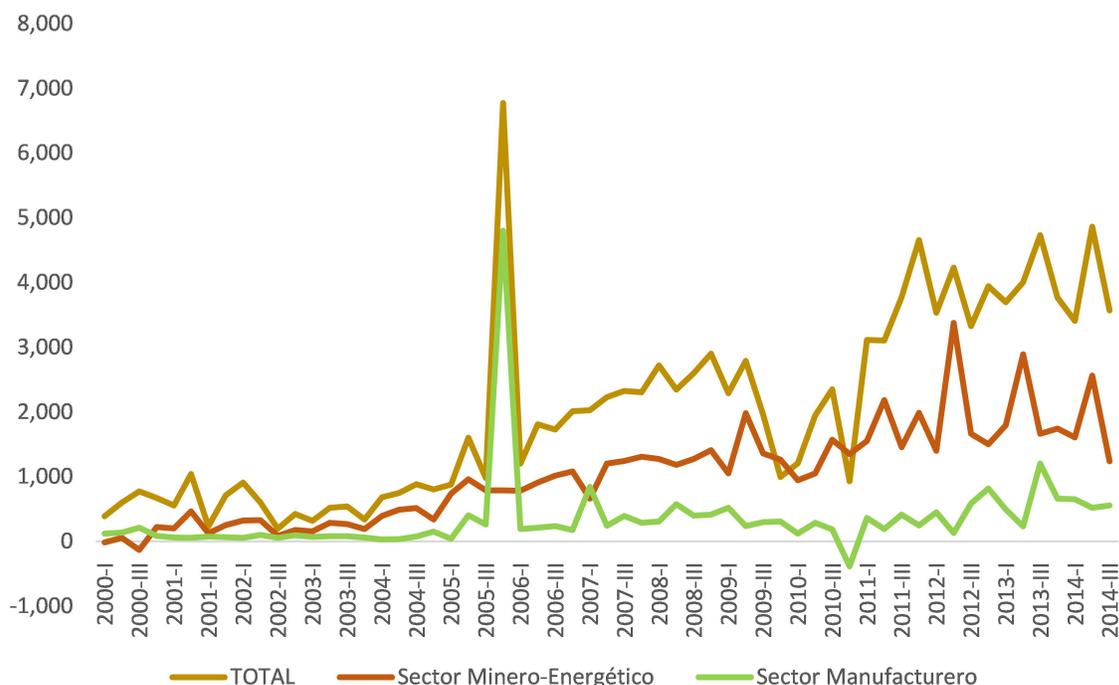
Figura 1: Precio Internacional del Petróleo (BRENT). Fuente: Federal Reserve Economic Data.



Como muestra del auge de los recursos naturales a nivel mundial, en la figura 1 se observa que desde el año 2004, el precio internacional del petróleo ha venido en constante aumento, presenciando

una caída en septiembre del año 2008 (debido a la crisis financiera mundial originada en Estados Unidos), aunque se recupera rápidamente a partir de marzo de 2009. A pesar de las expectativas positivas por parte de las economías emergentes de que este precio crecería constantemente, o al menos, se estabilizaría en niveles cercanos a los USD 120, a partir de abril de 2011 comienzan fluctuaciones a la baja del precio de este bien primario. Finalmente, desde julio de 2014 en adelante, el precio cae dramáticamente hasta alcanzar un nivel de USD 47,76 en enero de 2015. Este fenómeno necesariamente ha comenzado a desincentivar la producción y exportación del crudo en economías de mercados emergentes, a la vez que ha generado especulaciones acerca de la reversión de capital extranjero en las actividades minero-energéticas locales, i. e. una caída de la IED en este sector.

Figura 2: Inversión Extranjera (IED) en Colombia. Fuente: Banco de la República (Banrep).

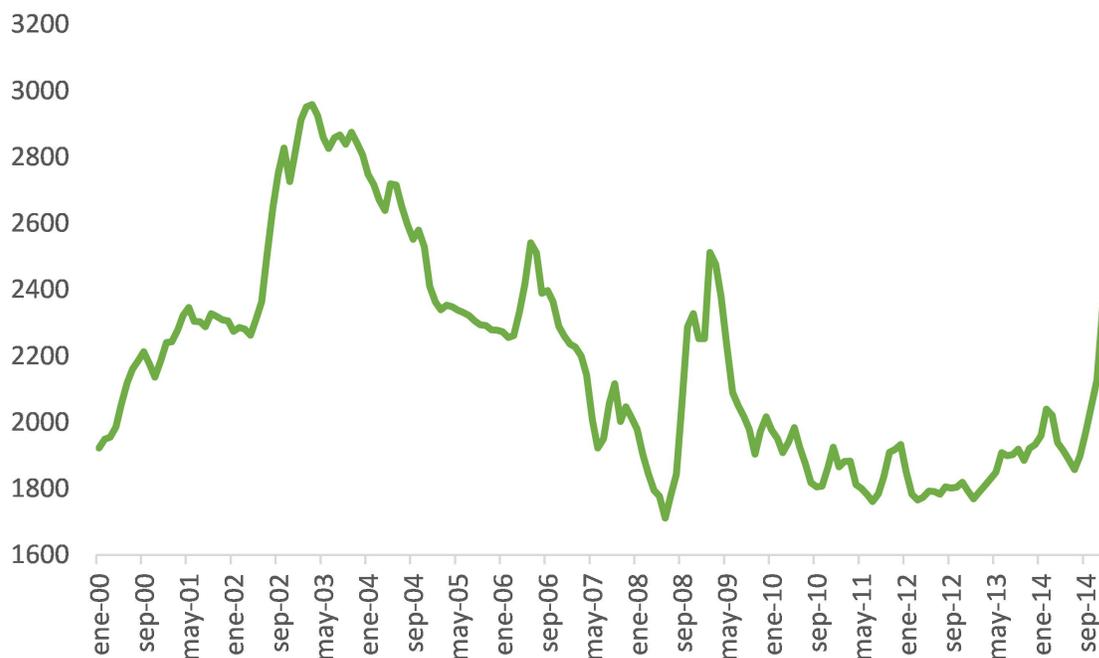


Por otra parte, la IED total en Colombia comienza tener una tendencia creciente a partir del año 2003, para luego caer en la crisis financiera del año 2008. Siguiendo a Cano (2010), la IED total cae de USD 10.593 millones en 2008 a USD 6.923 millones en 2009, lo cual es equivalente a una disminución del 35 %. Sin embargo, la rápida recuperación del precio internacional del petróleo, permitió que la IED dirigida al sector minero-energético colombiano no cayera durante la crisis (Figura 2). Como lo anota Cano (2010), la IED minero-energética pasó de USD 5.530 millones en 2008 a USD 6.819 millones en 2009, lo cual es equivalente a un incremento de 23 %. Este fenómeno compensó positivamente las salidas de capitales extranjeros en sectores como la industria manufacturera, pues contribuyó a que la IED total no experimentara una caída muy profunda debido a la crisis de 2008.

Una vez queda atrás la crisis financiera, y el precio internacional del petróleo recupera su dinámica de crecimiento, la IED total y minero-energética vuelven a crecer. Sin embargo, dada la caída reciente del precio internacional del petróleo, el crecimiento anual en el tercer trimestre de 2014 de la IED total, minero-energética y manufacturera, disminuye a niveles de -24,6 %, -25,6 % y -53,8 %, respectivamente.

El auge de entradas masivas de flujos de capital extranjero al país, representados en forma de IED, se puede ver reflejado en el comportamiento de la Tasa de Cambio Nominal, la cual es equivalente a la Tasa Representativa del Mercado (TRM) que publica el Banco de la República. En la figura 3,

Figura 3: Tasa Representativa del Mercado (TRM). Fuente: Banrep.



se puede observar que la TRM evidencia presiones de revaluación a partir de 2003, año en el cual comienza el auge de flujos de IED en el país.

Sin embargo, la disminución de 24,6 % en el tercer trimestre de 2014 de los flujos de IED total, ocasionados en parte por la dramática disminución que viene experimentando el precio internacional del crudo, ha incidido en que la TRM retorne en enero de 2015 a niveles de devaluación nominal similares a los experimentados durante la crisis de 2008, periodo en el cual ocurrió una reversión parecida de capitales extranjeros.

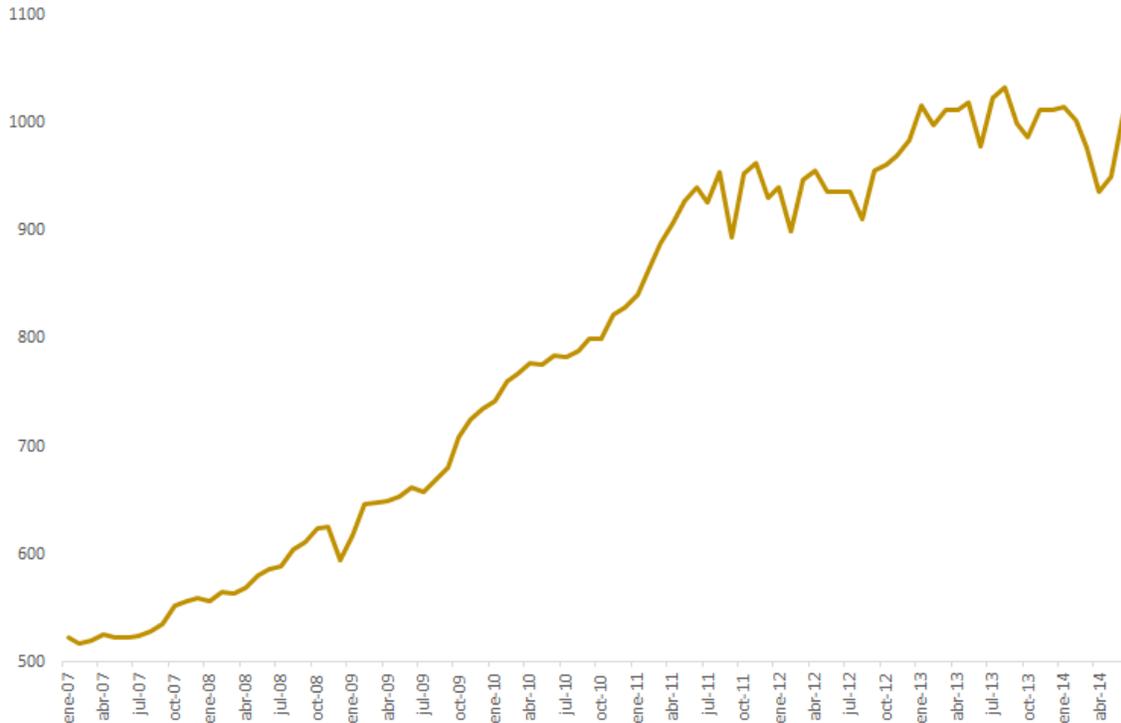
Por otro lado, los mayores flujos de IED en el país dirigidos a financiar las actividades de exploración de nuevos yacimientos y transporte de carga pesada, sumados a los altos precios del petróleo desde el año 2004 hasta julio de 2014, necesariamente implicarían un aumento de la productividad en el sector petrolero, que ha conducido a un incremento considerable de la producción local de petróleo durante los años del auge (Figura 4).

Como lo anota López, Montes, Garavito y Collazos (2013), la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) reveló que la producción de crudo en Colombia estuvo en un promedio aproximado de 540.000 barriles diarios (540 kbd), entre 2004 y 2007. Posteriormente, a partir de 2008 la producción aumenta a 587 kbd, para luego llegar a 900 kbd en 2011. Finalmente, los datos de producción de crudo hasta junio de 2014 que publica la ANH, muestra que desde enero hasta junio la producción diaria promedio se ha mantenido en 981 kbd.

Las fluctuaciones en los flujos de IED total y minero-energética, a la vez que los cambios en el precio internacional de los bienes primarios, se pueden ver también reflejadas en el comportamiento de la balanza comercial (Figura 5). Siguiendo a López, et al. (2013), en 2011 el 70 % de las exportaciones colombianas se determinó por la venta de bienes primarios, cuyos precios se determinaron en el exterior. Adicionalmente, el 49,7% del total de exportaciones se explicó por la venta de petróleo y sus derivados.

En esa dirección, Cano (2010) anota que el sector minero-energético generó cerca del 40 % de la cuenta corriente de la balanza de pagos del país en 2010, a la vez que determinó el 60 % de las

Figura 4: Producción de Petróleo en Colombia. Fuente: ANH.



exportaciones totales en ese año. Por lo tanto, el sector minero-energético se ha convertido en la fuente principal de divisas del país, y durante el auge de IED, precios y producción, esta actividad generó un balance cambiario superavitario y un ritmo creciente en sus exportaciones. A pesar del buen dinamismo del sector, la figura 5 muestra que el superávit en su propia balanza comercial ha dejado de ser creciente desde 2011, y ha comenzado a disminuir a una mayor velocidad desde mayo de 2014, debido a la actual coyuntura internacional negativa de commodities.

La mayor producción de crudo desde 2004, ha generado un incremento importante en los ingresos del gobierno y del PIB en general. Como lo anotan Cano (2010) y López, et al. (2013), las actividades minero-energéticas contribuyen con aproximadamente el 40% de los ingresos fiscales totales, a la vez que el PIB se alimenta de las exportaciones crecientes del sector. Según Arguello, Jiménez, Torres y Gasca (2014), la economía colombiana creció 7% en 2007, para luego crecer a un promedio de 1,5% entre 2008 y 2009, y posteriormente crecer a una tasa de 4,5% en 2011.

Esto significa que el auge minero-energético ha contribuido en gran medida al mayor gasto público y privado de los últimos años, lo cual ha causado un incremento en la Demanda Agregada. Este choque positivo de demanda podría estar relacionado con el aumento del nivel de precios de los bienes no transables, relativo al comportamiento de los precios de los bienes transables (Figura 6). La diferencia positiva entre la tasa de inflación de los bienes no-transables, con respecto a la inflación de los bienes transables, probablemente ha contribuido a que la tasa de cambio real muestre una tendencia hacia la apreciación, durante el periodo del boom minero-energético (Figura 7).

La tendencia a la apreciación nominal y real de la economía colombiana, ha estado acompañada de una notable disminución del empleo y del producto en el sector transable manufacturero, además de una expansión significativa del empleo y del producto en sectores no transables, como la construcción y los servicios, configurando de esta manera la denominada enfermedad holandesa. Este fenómeno ha contribuido a que sectores transables importantes para la economía, como el sector manufacturero, experimenten caídas de entradas de capitales extranjeros (menor IED), y se registren crecientes

Figura 5: Balanza Comercial en Colombia. Fuente: Banrep.



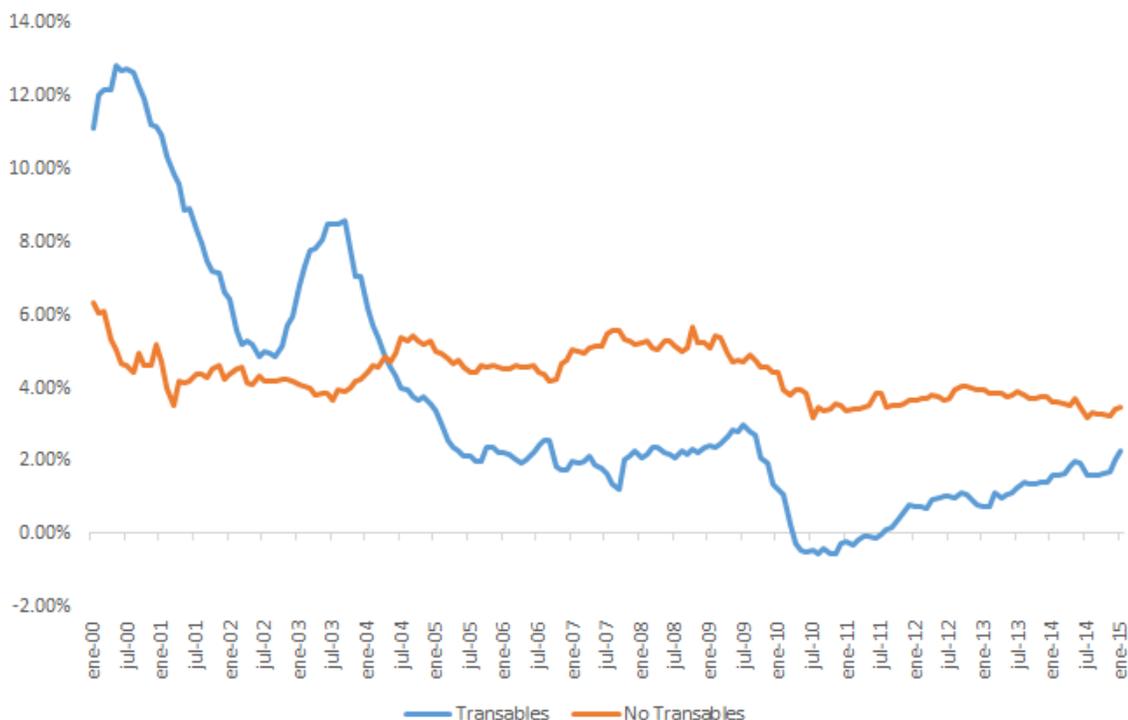
déficits en su balanza comercial, tal como se muestra en las figuras 2 y 5.

Como muestra de lo anterior, la figura 8 muestra que a partir del año 2009, el Índice de Producción Industrial (IPI) ha mostrado tasas de crecimiento cercanas a cero, lo que verifica la presencia de la maldición de los recursos naturales.

Las figuras 9 y 10 muestran la evolución del PIB, discriminado por las Ramas de Actividad Económica, que clasifica el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en sus cuentas nacionales trimestrales. Los datos están ajustados por estacionalidad. Se puede notar una desaceleración constante del PIB manufacturero a partir del tercer trimestre de 2007, de tal forma que en el tercer trimestre de 2014 continúa su tendencia. Lo contrario se observa con el comportamiento del PIB no-transable, mientras que el PIB minero-energético evidencia siempre una tendencia creciente, aunque comienza una desaceleración a partir del cuarto trimestre de 2013, periodo que coincide con la desaceleración del auge de recursos naturales. En la misma dirección, se encuentran las participaciones de estos sectores en el PIB total. Se observa que las participaciones de los sectores minero-energético y no-transable aumentan durante el auge de los recursos naturales, en detrimento de la participación del PIB del sector manufacturero.

Todo el análisis anterior sobre del comportamiento de los agregados macroeconómicos, induce a pensar que en Colombia el último boom minero-energético generó los síntomas de la enfermedad holandesa. Para confirmar este hecho, algunos estudios empíricos en Colombia relacionados con los efectos del boom minero energético, llegan al resultado de que efectivamente se presentó el fenómeno de la enfermedad holandesa. En ese sentido, Clavijo, Vera, y Fandiño (2012) encuentran, mediante la estimación de un modelo VEC, que entre 1965 y 2012 ha ocurrido un proceso progresivo de desindustrialización, el cual ha sido resultado de la dinámica de las exportaciones minero-energéticas, la apertura comercial, y la tasa de cambio real. Los autores encuentran que estos factores afectan negativamente la participación del sector manufacturero en el PIB total. Por su parte, Goda y Torres (2015) analizan la posibilidad de que el boom minero-energético en Colombia, en conjunto con el mayor ingreso de capital extranjero para financiar su expansión, puedan haber causado un contexto de enfermedad holandesa. Los autores encuentran, a través de la estimación de un modelo de corrección de errores con rezagos distribuidos, que la IED dirigida a financiar el sector minero-energético y otros

Figura 6: Tasa de Inflación: Bienes transables y no transables. Fuente: Banrep.



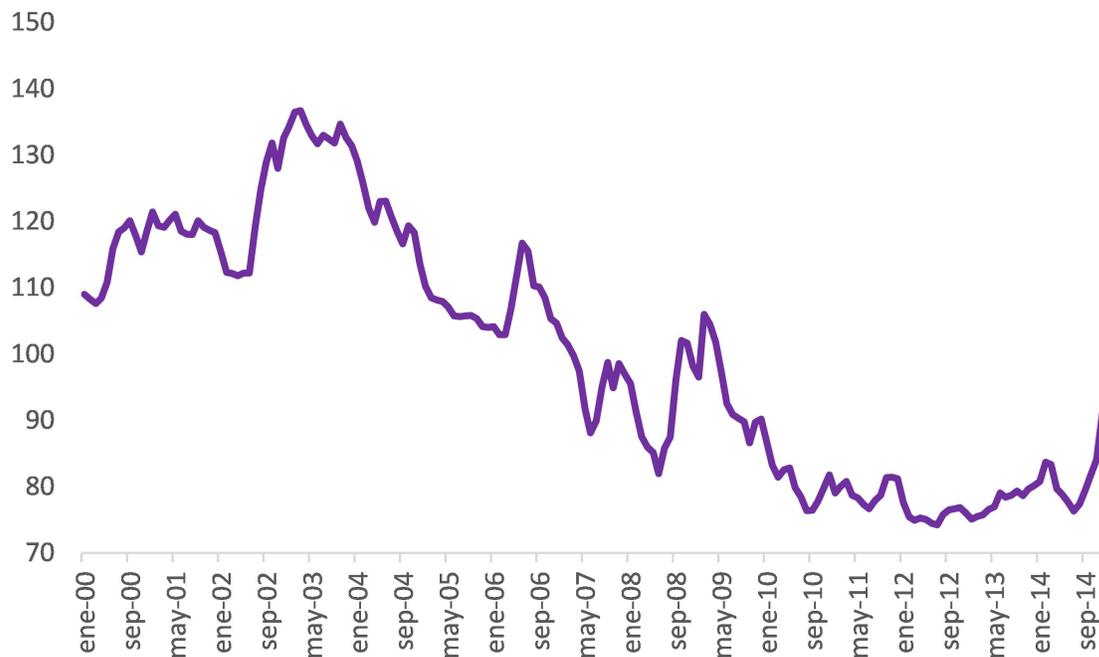
sectores, generaron una apreciación sobre la tasa de cambio real que no puede atribuirse solamente a las ganancias en productividad de la economía doméstica, sino también a las mayores exportaciones, principalmente del sector minero-energético. Adicionalmente, encuentran que estos efectos sobre la tasa de cambio real tuvieron un efecto negativo y significativo sobre la composición sectorial de la economía, pues disminuyó la razón de PIB entre transables y no-transables, acompañado de una disminución de la participación del sector manufacturero en el PIB total. Por lo tanto, existe evidencia de que el boom minero-energético generó un fenómeno de enfermedad holandesa, el cual fue reforzado por las entradas de capital a este sector, y a otros sectores.

Con respecto al ajuste del mercado laboral, la figura 12 (anexo 1) muestra el número de ocupados por ramas de actividad que calcula la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) del DANE. Los datos están actualizados a diciembre de 2014. Dado que el sector minero-energético es altamente intensivo en el uso de capital y tecnología, la relación capital trabajo es de 6,61 para el subsector carbonífero, y de 5,39 para el subsector petrolero, siendo éstos los valores más altos de la economía colombiana (Arguello, 2011). Adicionalmente, Cano (2010) anota que el sector minero energético emplea alrededor de 220.000 empleos directos y López, et al. (2013) anota que el sector genera menos del 1 % del empleo total nacional. Por estos motivos, el auge del sector minero energético no parece haber alterado de manera sustancial el comportamiento del nivel de empleo en dicho sector.

En contraparte, el aumento en el PIB de los sectores no-transables parece haberse traducido en un aumento del número de ocupados, pues la figura 12 (Anexo 2) muestra que las ramas de actividad como la Construcción, Comercio, Hoteles y Restaurantes, Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones, Intermediación Financiera, y Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler, han aumentado su su nivel de empleo constantemente, durante el boom minero-energético.

Finalmente, se puede observar que la desaceleración de la actividad manufacturera, se ha traducido en un menor nivel de empleo generalizado para toda la industria, especialmente desde septiembre de 2011. Sin embargo, desde julio de 2014 se ha evidenciado una leve recuperación del número de

Figura 7: Índice de la Tasa de Cambio Real (ITCR). Fuente: Banrep.



ocupados en el sector.

Otro aspecto importante a considerar del mercado laboral, en el contexto del fenómeno de la enfermedad holandesa, es el ajuste del empleo formal e informal (Arguello, Jiménez, Torres y Gasca, 2014). Los autores emplean un modelo de Equilibrio General Computable (CGE), con el fin de evaluar los impactos del auge minero-energético en algunas variables de interés de la economía colombiana.

Dado que una gran parte del sector no-transable es intensivo en el empleo de fuerza de trabajo poco calificada, al aumentar el PIB, empleo y salarios de las actividades no-transables, es posible que alguna proporción del sector no-transable no-calificado absorba trabajadores que se encuentran en la informalidad. En ese sentido, la figura 11 muestra que la relación “Empleo Informal / Empleo Formal” está cayendo considerablemente, especialmente durante la época del auge minero-energético. En ese sentido, datos de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) muestran que la razón porcentual entre el número de ocupados informales y el número de ocupados formales, medida como el logaritmo natural del cociente de estas dos variables, ascendió a un máximo 9,8 % en marzo de 2009, para descender continuamente a -5,1 % en enero de 2014; en un contexto donde la tasa de desempleo exhibe una tendencia claramente negativa.

En conclusión, se puede decir que en Colombia se han presentado los típicos síntomas y consecuencias de la enfermedad holandesa. Sin embargo, una vez el precio internacional del petróleo retorna a los niveles anteriores al boom minero-energético, y la IED disminuye para los sectores de recursos naturales y manufactureros, se puede decir que a pesar de haber desaparecido el auge y que la tasa de cambio real está retornando a sus niveles iniciales de equilibrio (proceso de depreciación real), el sector manufacturero no muestra síntomas de recuperación. Finalmente, el ajuste agregado del mercado laboral colombiano se ha traducido en menor empleo informal, relativo al mayor empleo formal y menor tasa de desempleo.

Figura 8: Índice de Producción Industrial (IPI). Fuente: banrep.

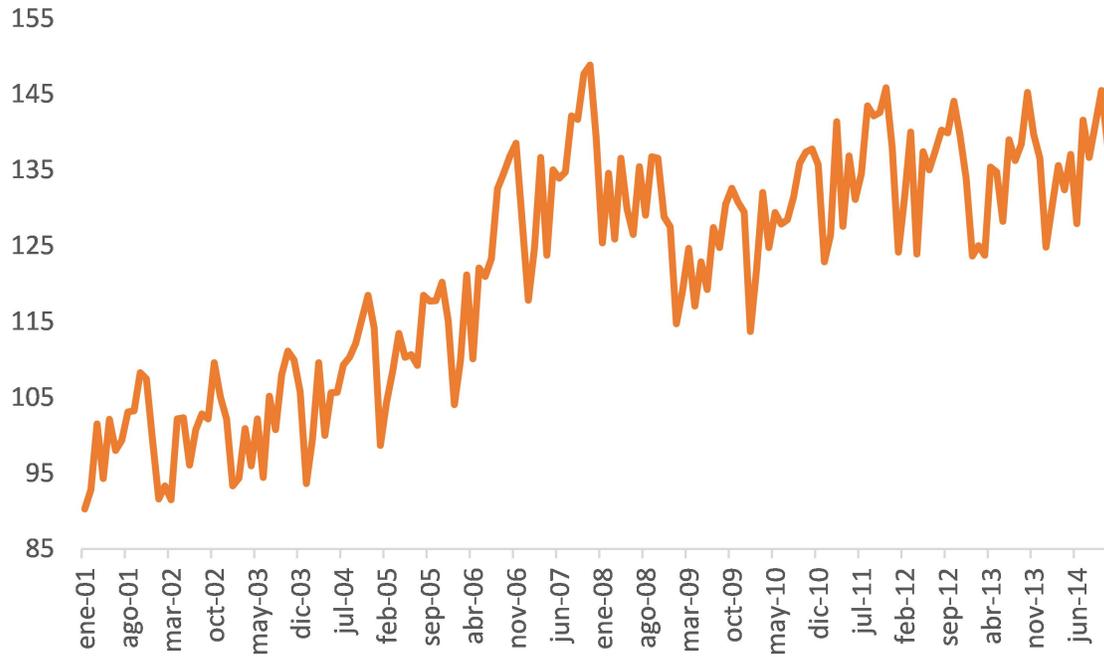


Figura 9: Producto Interno Bruto (PIB) por Ramas de Actividad. Fuente: DANE.

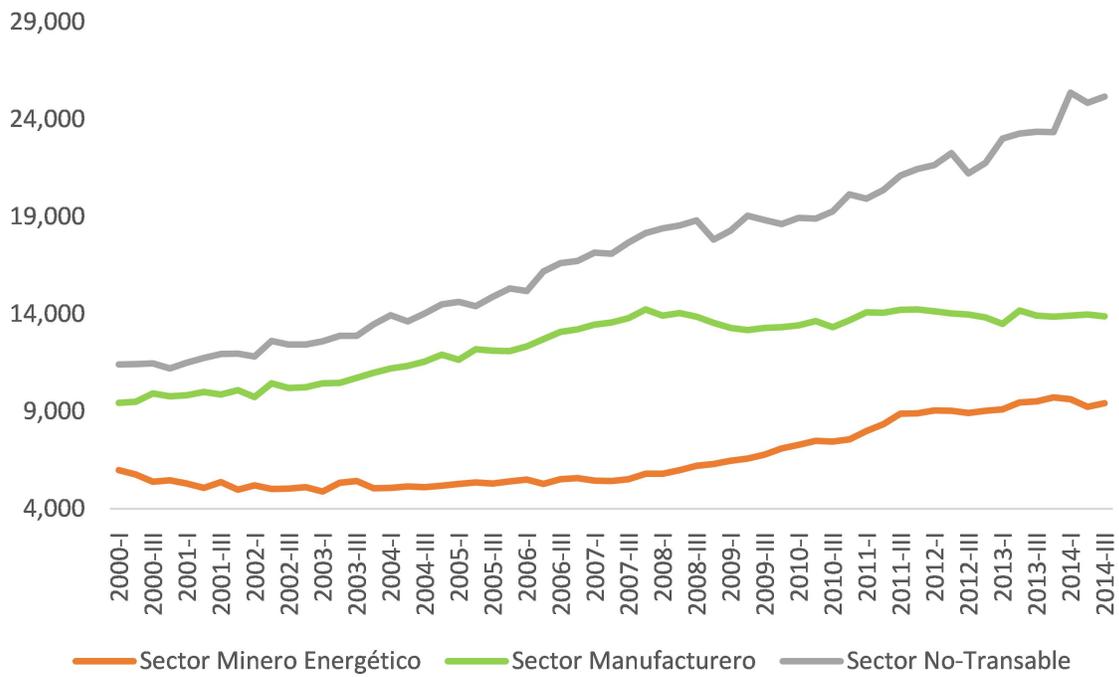


Figura 10: Contribución de los PIB sectoriales, al PIB subtotal. Fuente: DANE.

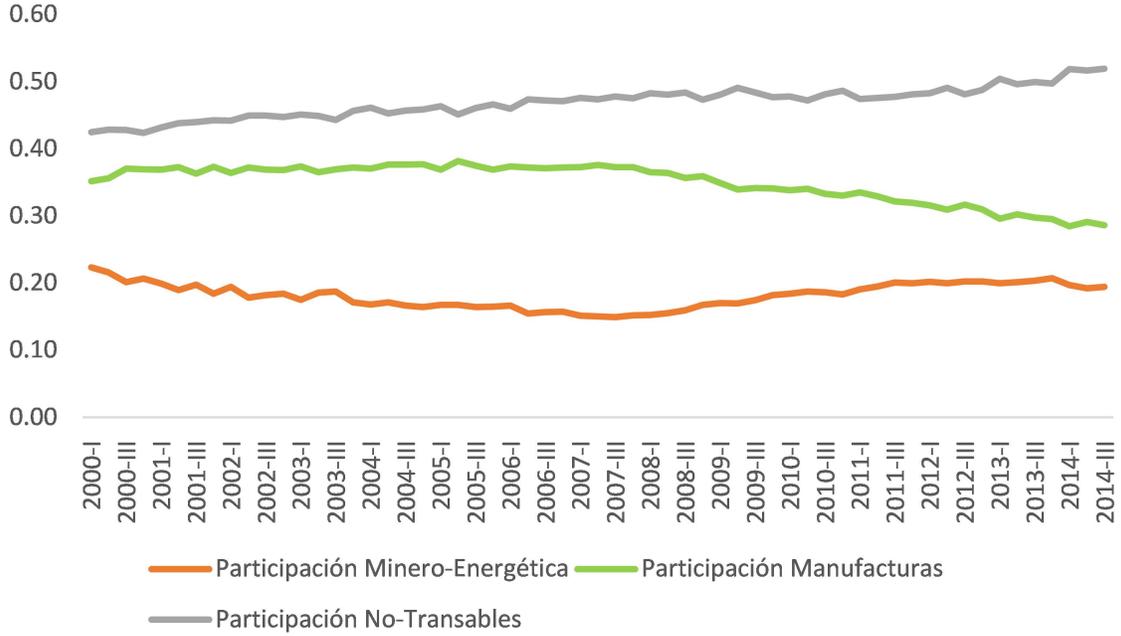
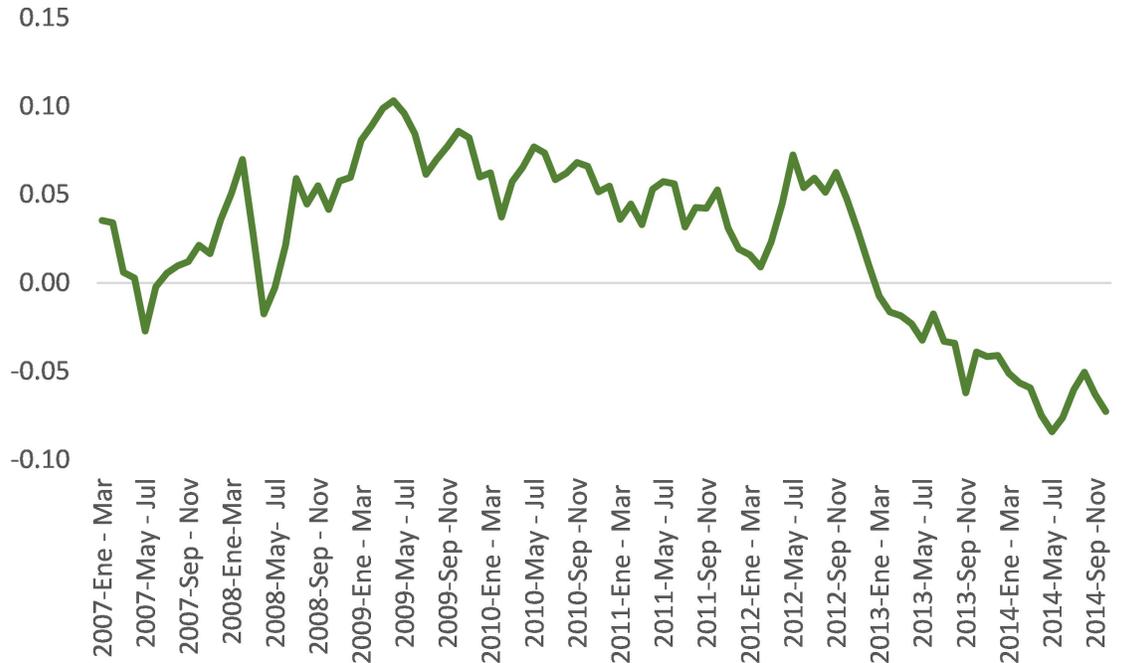


Figura 11: Relación Empleo Informal / Empleo Formal. Fuente: DANE.



## 5. El Modelo

El modelo es una economía pequeña y abierta descentralizada, que consta de tres tipos de agentes: hogares, firmas y gobierno. Siguiendo de cerca a Alexopoulos (2004) y Jaramillo et al. (2015), existe un continuo de hogares de medida unitaria, cuyos miembros se clasifican en trabajadores formales, trabajadores informales y desempleados. Por su parte, el sector productivo se divide entre un sector informal y un sector formal, donde éste último se divide en 3 subsectores: no-transable, transable manufacturero y transable minero energético, como se muestra en Ojeda et al. (2014). Adicionalmente, el gobierno recauda impuestos de las firmas formales y el gasto público es improductivo, en el sentido que se lleva a cabo en forma de transferencias de suma fija hacia los hogares.

### 5.1. Hogares

Los miembros del hogar representativo se pueden clasificar en trabajadores formales, trabajadores informales y desempleados. Las preferencias del hogar son la suma de las preferencias de cada uno de sus miembros, lo que implica que éstos enfrentan restricciones presupuestarias diferentes, a la vez que cada función de utilidad específica es separable en cada uno de sus argumentos. Sin embargo, los beneficios de las empresas formales se dirigen de manera igualitaria a la restricción de cada uno de los miembros del hogar, y cada integrante recibe transferencias de suma fija por parte del gobierno, lo que implica que en ausencia de ingresos laborales, los miembros perciben el mismo ingreso y tienen el mismo nivel de consumo.

Con el fin de obtener valores positivos de desempleo en equilibrio, se sigue a Alexopoulos (2004) en donde el esfuerzo de los trabajadores (formales) es imperfectamente observable por las firmas del sector formal y, a diferencia del enfoque tradicional de salarios de eficiencia de Shapiro y Stiglitz (1984) en donde los trabajadores detectados holgazanes son despedidos, en el presente esquema el castigo a los holgazanes consiste en que las firmas les pagan solamente un porcentaje  $s$  del salario total pactado en el contrato. Específicamente, las firmas formales emplean trabajadores mediante el ofrecimiento de un contrato a término de un periodo, el cual especifica el número fijo de horas que un empleado debe trabajar  $h$ , el nivel de esfuerzo requerido  $e_t^f$ , y un anticipo  $s \in (0, 1)$  del salario nominal por hora  $W_t^f$ , pero las firmas retienen el restante  $(1 - s)W_t^f$  hasta el final del contrato. Los trabajadores holgazanes son detectados con una probabilidad exógena  $d$ , y las firmas formales no pagarán el restante  $(1 - s)W_t^f$  a los trabajadores holgazanes que hallan sido detectados al final del periodo.

Según Alexopoulos (2004), esta forma de incorporar salarios de eficiencia es plausible fundamentalmente por dos razones. La primera tiene una ventaja teórica debido a que, por un lado, la fijación de salarios de eficiencia a la Shapiro-Stiglitz implica que si un trabajador holgazán es detectado, será despedido inmediatamente. Por tanto, si la tasa de desempleo cae, disminuye el castigo para los holgazanes, pues si el trabajador es despedido, la duración de su desempleo será menor. Esto hace que los trabajadores se esfuercen menos, lo que induce a las firmas a aumentar el salario para prevenir la contracción del esfuerzo, es decir, los salarios son procíclicos. En contraste con el enfoque de Shapiro-Stiglitz, el castigo en Alexopoulos (2004) consiste en no pagarle al trabajador la fracción restante (constante) del salario total especificado en el contrato, implicando salarios procíclicos en un escenario en que el castigo es independiente de la tasa de desempleo<sup>1</sup>.

La segunda ventaja de adoptar el enfoque de Alexopoulos (2004), es que existe evidencia empírica que sugiere que i) la mayoría de las firmas castigan salarialmente a los holgazanes detectados pero éstos no son despedidos, y ii) los trabajadores que se esfuerzan no son propensos a recibir bonos ni aumentos salariales (Agell y Lundborg, 1995; Hall, 1993; Weiss, 1990; y Malcomson, 1998).

La diferencia de esta estrategia con respecto a la de Alexopoulos, es que en este caso si los miembros que buscan emplearse en el sector formal no lo logran, entonces tienen la opción de autoemplearse en

---

<sup>1</sup>Más adelante, en la subsección de firmas formales, se explica el mecanismo a través del cuál se generan salarios procíclicos adoptando esta estrategia de castigo.

el sector informal de la economía (como trabajadores cuenta propia), o bien pueden elegir quedarse desempleados, como se muestra en Jaramillo et al. (2015).

En todo momento del tiempo, cada miembro del hogar decide su nivel de consumo, esfuerzo y oferta de trabajo. En principio, todos los trabajadores del hogar se ofrecen en el sector formal de la economía; sin embargo, dado que no toda la oferta laboral en el sector formal es absorbida, los miembros que no se alcanzan a emplear deben decidir entre ir al sector informal, o bien quedarse desempleados<sup>2</sup>. En ese sentido, una diferencia importante de la presente estrategia de modelación con respecto a la adoptada por Alexopoulos y Jaramillo et al., es que no existe un seguro para los desempleados del hogar, cuya finalidad es generar desempleo voluntario en el caso del seguro completo, y desempleo involuntario cuando el seguro es incompleto<sup>3</sup>. Como argumenta Alexopoulos, lo que genera mayores fluctuaciones en el nivel de empleo y una menor volatilidad de los salarios, es fundamentalmente la rigidez que crea el esfuerzo imperfectamente inobservable por parte de las firmas, y no tanto la existencia de estos fondos de desempleo. En cambio, la ventaja que trae la no-existencia de estos seguros de desempleo en el presente esquema, es que una vez se ha saturado el nivel de empleo formal, los miembros del hogar pueden decidir entre autoemplearse en el sector informal, o quedarse desempleados, dependiendo del ingreso informal, pues a diferencia de Alexopoulos y Jaramillo et al., el presente modelo permite distintos niveles de consumo para cada integrante del hogar.

Todos los miembros del hogar son Ricardianos, en el sentido que pueden endeudarse (comprar bonos) con agentes del resto del mundo, a una tasa de interés exógena y libre de riesgo. Adicionalmente, cada miembro puede decidir su participación en las firmas (acciones) en el siguiente periodo. Finalmente, todos los miembros del hogar reciben transferencias de suma fija por parte del gobierno. Las preferencias del hogar, en todo momento del tiempo  $t$ , están representadas a través de una función de utilidad, la cual es separable en el consumo, ocio y esfuerzo para cada miembro, y adopta la siguiente forma:

$$U(C_t^f, C_t^s, C_t^i, C_t^u, N_t^f, N_t^s, N_t^i, N_t^u, e_t^f, e_t^i) =$$

$$N_t^f \ln C_t^f + dN_t^s \ln C_t^s + N_t^i \ln C_t^i + N_t^u \ln C_t^u + N_t^f \theta \ln [T - he_t^f - \varepsilon] + N_t^i \theta \ln [T - he_t^i - \varepsilon] + N_t^s \theta \ln T + N_t^u \theta \ln T \quad (1)$$

Donde  $C_t^f$  es el índice de consumo para los trabajadores formales (los cuales no hacen holgazanería, o al menos no son detectados haciéndola),  $C_t^s$  es el índice de consumo para los trabajadores formales holgazanes,  $C_t^i$  es el índice de consumo para los trabajadores informales,  $C_t^u$  el índice de consumo de los trabajadores desempleados,  $N_t^f$  el número de miembros formales no holgazanes dentro del hogar,  $N_t^s$  el número de trabajadores formales holgazanes,  $N_t^i$  el número de miembros informales,  $N_t^u$  el número de desempleados,  $e_t^f$  la cantidad de esfuerzo de los trabajadores formales que no hacen holgazanería en sus empleos y  $e_t^i$  la cantidad de esfuerzo que hacen los trabajadores informales en sus actividades productivas.

<sup>2</sup>El problema de optimización de los empresarios formales, consiste en fijar un salario (contrato óptimo) que maximice los beneficios esperados descontados sujeto a que la utilidad del trabajador formal es estrictamente mayor a las utilidades de los desempleados y trabajadores informales, y mayor o igual al valor esperado de la utilidad de hacer holgazanería. Esto implica que los trabajadores que no consiguen ser empleados formales, tendrán que comparar la utilidad de autoemplearse en el sector informal con la utilidad de ser desempleados. En esta situación, la decisión dependerá del ingreso que se perciba en el sector informal, debido a que en principio, los beneficios de las firmas formales y las transferencias de suma fija, hacen que los ingresos de los informales y desempleados sean iguales.

<sup>3</sup>El seguro de desempleo se alimenta de los ingresos laborales de los miembros empleados en el caso de Alexopoulos (2004) y de los ingresos de los miembros formales e informales en el caso de Jaramillo et al. (2015). Cuando el seguro de desempleo es completo, se garantiza en todo momento que el ingreso de los desempleados es igual al de los empleados, implicando que los desempleados adopten su condición voluntariamente. En el caso del seguro de desempleo parcial, el ingreso de los desempleados es estrictamente menor que el de los empleados, lo que hace que el desempleo sea involuntario.

El índice de consumo para cada miembro  $C_t^j, j = f, s, i, u$ , es un compuesto del consumo de bienes transables,  $C_{T,t}^j$ , y de bienes no-transables,  $C_{N,t}^j$ , tal que:

$$C_t^j = \left[ \gamma_c^{1/\rho_c} C_{N,t}^{j(\rho_c-1/\rho_c)} + (1-\gamma_c)^{1/\rho_c} C_{F,t}^{j(\rho_c-1/\rho_c)} \right]^{(\rho_c/\rho_c-1)} \quad (2)$$

Donde  $\gamma_c$  y  $\rho_c$  son la participación del consumo de bienes no-transables en el consumo total, y la elasticidad de sustitución de bienes no-transables por bienes transables, respectivamente. De manera análoga al caso anterior, el consumo de bienes transables es un índice compuesto de bienes manufacturados locales,  $C_{M,t}^j$  y de bienes importados  $C_{F,t}^j$ :

$$C_{T,t}^j = \left[ \gamma_m^{1/\rho_m} C_{M,t}^{j(\rho_m-1/\rho_m)} + (1-\gamma_m)^{1/\rho_m} C_{F,t}^{j(\rho_m-1/\rho_m)} \right]^{(\rho_m/\rho_m-1)} \quad (3)$$

Donde  $\gamma_m$  y  $\rho_m$  son la participación del consumo de bienes manufacturados locales en el consumo de transables, y la elasticidad de sustitución de bienes manufacturados locales por bienes importados, respectivamente. Un supuesto es que la producción de bienes minero-energéticos se exporta completamente, lo que implica que el consumo de estos bienes no se encuentra en el consumo doméstico de bienes transables.

De esta manera, los hogares maximizan sus flujos descontados de utilidad a lo largo del tiempo:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \left[ \exp \sum_{\tau=0}^{t-1} \beta_{\tau} \right] U(C_t^f, C_t^s, C_t^i, C_t^u, N_t^f, N_t^s, N_t^i, N_t^u, e_t^f, e_t^i) \quad (4)$$

Donde el factor de descuento es endógeno, y adopta la forma:

$$\beta_t = \left\{ 1 + N_t^f \ln C_t^f + dN_t^s \ln C_t^s + N_t^i \ln C_t^i + N_t^u \ln C_t^u + N_t^f \theta \ln [T - he_t^f - \varepsilon] \right. \\ \left. + N_t^i \theta \ln [T - he_t^i - \varepsilon] + N_t^s \theta \ln T \right\}^{-\kappa} \quad (5)$$

Dado que el presente modelo es una economía pequeña y abierta, Schmitt-Grohé y Uribe (2003) demuestran que este factor de descuento endógeno garantiza que el modelo tenga una solución dinámica estable.

Cada miembro dentro del hogar tiene su propia restricción presupuestaria. En ese orden, el conjunto presupuestario de los trabajadores formales es:

$$P_t C_t^f + V_{M,t} X_{M,t+1} + V_{E,t} X_{E,t+1} = \\ (V_{M,t} + d_{M,t}) X_{M,t} + (V_{E,t} + d_{E,t}) X_{E,t} + W_t^f h - B_t + \frac{1}{1+r} B_{t+1} + Tr_t \quad (6)$$

Donde  $P_t$  es el índice de Precios al Consumidor,  $X_{M,t}$  y  $X_{E,t}$  son las participaciones de los miembros formales (compradas en  $t$ ) en los beneficios de las firmas manufactureras y minero-energéticas, respectivamente. Los precios de estas acciones son  $V_{M,t}$  y  $V_{E,t}$ , a la vez que los correspondientes dividendos son  $d_{M,t}$  y  $d_{E,t}$ . El salario del miembro formal es  $W_t^f$ , y compra bonos en el exterior en el periodo actual,  $B_t$ , para luego recibir retornos del sistema financiero en el siguiente periodo, a una tasa de interés internacional (exógena) libre de riesgo,  $r$ , y  $Tr_t$ , son las transferencias de suma fija desde el gobierno hacia los hogares.

De manera similar, las restricciones de presupuesto para los miembros formales holgazanes, informales, y desempleados, se pueden expresar respectivamente de la siguiente manera:

$$P_t C_t^s + V_{M,t} X_{M,t+1} + V_{E,t} X_{E,t+1} =$$

$$(V_{M,t} + d_{M,t})X_{M,t} + (V_{E,t} + d_{E,t})X_{E,t} + sW_t^f h - B_t + \frac{1}{1+r}B_{t+1} + Tr_t \quad (7)$$

$$P_t C_t^i + V_{M,t} X_{M,t+1} + V_{E,t} X_{E,t+1} =$$

$$(V_{M,t} + d_{M,t})X_{M,t} + (V_{E,t} + d_{E,t})X_{E,t} + Y_t^i h - F_t^i + \frac{1}{1+r}B_{t+1} + Tr_t \quad (8)$$

$$P_t C_t^u + V_{M,t} X_{M,t+1} + V_{E,t} X_{E,t+1} =$$

$$(V_{M,t} + d_{M,t})X_{M,t} + (V_{E,t} + d_{E,t})X_{E,t} - B_t + \frac{1}{1+r}B_{t+1} + Tr_t \quad (9)$$

Cabe anotar que en la restricción presupuestaria de los miembros informales no se encuentra el salario informal y que la restricción de los desempleados no existe ingreso laboral. Dado que los trabajadores informales se autoemplean en actividades cuenta propia, su salario es equivalente al ingreso que ellos mismos generan ( $Y_t^i$ ). La cantidad total de miembros dentro del hogar se normaliza a 1, tal que en todo momento del tiempo se satisface la siguiente restricción física con igualdad:

$$N_t^u + N_t^i + N_t^s + N_t^f = 1 \quad (10)$$

De esta manera, el problema del hogar será maximizar su función de utilidad, sujeta a las restricciones de presupuesto de cada uno sus miembros. La solución al problema de maximización da como resultado las Condiciones de Primer Orden (C.P.O.) con respecto a  $C_t^f, C_t^s, C_t^i, C_t^u, N_t^i, e_t^f, e_t^i, X_{M,t+1}, X_{E,t+1}, B_{t+1}$ . Las C.P.O. con respecto a los niveles de consumo, da como resultado las correspondientes utilidades marginales (decrecientes) del consumo:

$$C_t^f : \lambda_{1t} = \frac{1}{P_t C_t^f}$$

$$C_t^s : \lambda_{2t} = \frac{1}{P_t C_t^s}$$

$$C_t^i : \lambda_{3t} = \frac{1}{P_t C_t^i}$$

$$C_t^u : \lambda_{4t} = \frac{1}{P_t C_t^u}$$

Las C.P.O. con respecto a  $X_{M,t+1}, X_{E,t+1}, B_{t+1}$  dan como resultado las siguientes expresiones, respectivamente:

$$X_{M,t+1} : V_{M,t} = \beta_t E_t \left\{ \frac{P_t}{P_{t+1}} \left[ \frac{\frac{N_{t+1}^f}{C_{t+1}^f} + \frac{N_{t+1}^i}{C_{t+1}^i} + \frac{N_{t+1}^u}{C_{t+1}^u}}{\frac{N_t^f}{C_t^f} + \frac{N_t^i}{C_t^i} + \frac{N_t^u}{C_t^u}} \right] (V_{M,t+1} + d_{M,t+1}) \right\} \quad (11)$$

$$X_{E,t+1} : V_{E,t} = \beta_t E_t \left\{ \frac{P_t}{P_{t+1}} \left[ \frac{\frac{N_{t+1}^f}{C_{t+1}^f} + \frac{N_{t+1}^i}{C_{t+1}^i} + \frac{N_{t+1}^u}{C_{t+1}^u}}{\frac{N_t^f}{C_t^f} + \frac{N_t^i}{C_t^i} + \frac{N_t^u}{C_t^u}} \right] (V_{E,t+1} + d_{E,t+1}) \right\} \quad (12)$$

$$B_{t+1} : \beta_t(1+r)E_t \left\{ \frac{P_t}{P_{t+1}} \left[ \frac{\frac{N_{t+1}^f}{C_{t+1}^f} + \frac{N_{t+1}^i}{C_{t+1}^i} + \frac{N_{t+1}^u}{C_{t+1}^u}}{\frac{N_t^f}{C_t^f} + \frac{N_t^i}{C_t^i} + \frac{N_t^u}{C_t^u}} \right] \right\} = 1 \quad (13)$$

Por tanto, las desiciones de endeudamiento externo y de participación en los beneficios de las firmas, determinarán las desiciones intertemporales de consumo de cada miembro del hogar, generando 3 ecuaciones de euler dentro del problema de maximización de las familias.

Con respecto a la participación de los miembros del hogar en el mercado laboral, la existencia de salarios de eficiencia en el sector formal hace que los individuos se ofrezcan siempre en dicho sector, debido a que la utilidad de trabajar en el sector formal es estrictamente mayor a la de trabajar en el setor informal y/o a la utilidad asociada de permanecer en la condición de desempleado. Una vez son llenadas las vacantes en el sector formal, la desición de trabajar en el sector informal o estar desempleado depende de si el ingreso en el sector informal es mayor que el ingreso de subsistencia de los desempleados. Esto puede verse en la función de producción de los informales, la cual es una función lineal del esfuerzo informal, del número de trabajadores informales y de un número fijo de horas de rabajo:

$$Y_t^i = \rho e_t^i N_t^i h \quad (14)$$

Despejando el número de trabajadores informales de la ecuación (14), se tiene:

$$N_t^i = \frac{Y_t^i}{\rho e_t^i h}$$

Sin embargo, dado que el ajuste del mercado laboral informal también se da a través del margen extensivo, se tienen un número fijo de horas de trabajo, pero con distintos niveles de esfuerzo (informal), lo que incide directamente en el valor de la producción informal. Por lo tanto, el nivel de esfuerzo informal es una variable de desición para los miembros informales:

$$e_t^i : \frac{\theta}{T - h e_t^i - \varepsilon} C_t^i = \rho \quad (15)$$

Donde  $\rho \gg 0$ . Esta condición indica que el esfuerzo del individuo informal está inversamente relacionado con su nivel de consumo.

Finalmente, las C.P.O. con respecto a las composiciones de consumo (problema intratemporal) entre bienes transables y no transables para cada miembro del hogar  $j = f, s, i, u$ , se pueden expresar de la forma<sup>4</sup>:

$$\frac{C_{N,t}^j}{C_{T,t}^j} = \frac{\gamma_c}{(1 - \gamma_c)} \left( \frac{P_{N,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\rho_c} \quad (16)$$

$$C_{T,t}^j = (1 - \gamma_c) C_t^j \left( \frac{P_{T,t}}{P_t} \right)^{-\rho_c} \quad (17)$$

---

<sup>4</sup>El problema intratemporal de consumo consiste en minimizar el gasto total en consumo de bienes transables y no transables  $P_t C_t^j = P_{T,t} C_{T,t}^j + P_{N,t} C_{N,t}^j$ , sujeto a la restricción del índice de consumo total CES descrito por la ecuación (2), siendo las variables de desición el consumo de transables y el de no transables. De manera análoga, el siguiente problema intratemporal es minimizar el gasto total en bienes de consumo transables importados y locales manufacturados  $P_{T,t} C_{T,t}^j = P_{F,t} C_{F,t}^j + C_{M,t}^j$ , sujeto a la restricción del índice de consumo de transables CES descrito por la ecuación (3), siendo las variables de desición el consumo de transables importados y el de transables manufacturados locales.

$$C_{N,t}^j = \gamma_c C_t^f \left( \frac{P_{N,t}}{P_t} \right)^{-\rho_c} \quad (18)$$

Este procedimiento hace que el índice de precios al consumidor  $P_t$  sea un compuesto entre el índice de precios de los bienes transables  $P_{T,t}$  y el índice de precios de los bienes no-transables  $P_{N,t}$ :

$$P_t = \left[ \gamma_c P_{N,t}^{1-\rho_c} + (1 - \gamma_c) P_{T,t}^{1-\rho_c} \right]^{1/1-\rho_c} \quad (19)$$

De manera análoga sucede con las condiciones de optimalidad intratemporal del consumo de bienes transables, el cual es un compuesto del consumo de bienes manufacturados locales, y de bienes importados:

$$\frac{C_{M,t}^j}{C_{F,t}^j} = \frac{\gamma_m}{(1 - \gamma_m)} \left( \frac{1}{P_{F,t}} \right)^{-\rho_m} \quad (20)$$

$$P_{T,t} = \left[ \gamma_m + (1 - \gamma_m) P_{F,t}^{1-\rho_m} \right]^{1/1-\rho_m} \quad (21)$$

$$C_{M,t}^j = \gamma_m C_{T,t}^j \left( \frac{1}{P_{T,t}} \right)^{-\rho_m} \quad (22)$$

$$C_{F,t}^j = (1 - \gamma_m) C_{T,t}^j \left( \frac{P_{F,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\rho_m} \quad (23)$$

Dado que el modelo se abstrae de las consideraciones nominales, y se centra únicamente en las cuestiones reales, la determinación de los niveles de precios es relativa al precio de los bienes (transables) manufacturados locales, el cual se escoge como numerario. El hecho de que el precio de los bienes manufacturados locales no cambie (igual a la unidad), se puede interpretar como el hecho de que en realidad el precio de los bienes transables se determina por los movimientos internacionales de oferta y demanda, y por tanto, una economía pequeña toma este precio como dado. Adicionalmente, considerar al precio de los bienes transables como exógeno es usual en la literatura que aborda fenómenos (reales) de enfermedad holandesa en escenarios de equilibrio general (Corden y Neary, 1982; Beverelli, et al., 2011; Ojeda, et al., 2014; entre otros).

## 5.2. Firmas

El sector productivo consta de 2 sectores: un sector formal y otro informal. El sector informal no requiere de stock de capital físico, por lo que su función de producción únicamente necesita fuerza laboral informal, como se muestra en la ecuación (14).

Por su parte, el sector formal se divide en 3 subsectores: productor de bienes no-transables (N), productor de bienes transables manufacturados (M), y productor de bienes transables minero-energéticos (E). La estrategia de modelación de las firmas, sigue de cerca a la de Acosta, Lartey y Mandelman (2009), Ojeda, Parra y Vargas (2014) y Jaramillo, Obando y Guataquí (2015). Existe un único salario formal que cubre a los 3 subsectores formales, lo que implica libre movilidad del trabajo entre las actividades formales. Adicionalmente, se tiene la restricción física sobre la cantidad total de trabajadores formales:

$$N_{N,t}^f + N_{M,t}^f + N_{E,t}^f = N_t^f \quad (24)$$

Donde  $N_{N,t}^f$  es el número de trabajadores en el subsector no-transable,  $N_{M,t}^f$  el número de trabajadores en el subsector transable manufacturero, y  $N_{E,t}^f$  es el número de trabajadores en el subsector minero-energético.

Las firmas formales contratan trabajadores a través de un contrato a término de un período, donde  $sW_t h$  es la compensación garantizada a todos los trabajadores y  $(1-s)W_t h$  es la remuneración que se le garantiza a los trabajadores que no son detectados haciendo holgazanería. Como en Alexopoulos (2004), se asume que  $s \in (0, 1)$  es fijado exógenamente y las firmas fijan  $W_t$  con el fin de maximizar el esfuerzo de los trabajadores formales (el cual no es observable por las firmas) y minimizar la holgazanería (la cual es detectada con probabilidad exógena  $d \ll 1$ ), lo que implica fijación de salarios de eficiencia por parte de los empresarios formales.

Dado que las firmas formales enfrentan la incertidumbre sobre si sus trabajadores hacen holgazanería en su respectivo puesto de trabajo, cada firma formal tendrá que diseñar un contrato óptimo, tal que maximice la utilidad de sus trabajadores, maximice sus propios dividendos, y minimice la información asimétrica entre el empleado y el empleador a través de ofrecer un salario que asegure que los trabajadores no hagan holgazanería. Para esto, la firma formal maximiza sus beneficios esperados, sujetos a la restricción de racionalidad individual (IR) y a la restricción de compatibilidad de incentivos (IC):

*Max beneficios formales*

*s.a.*

$$u(C_t^f, e_t^f) \gg \{u(C_t^i, e_t^i), u(C_t^u, 0)\} \quad (IR)$$

$$u(C_t^f, e_t^f) \geq du(C_t^s, 0) + (1+d)(C_t^f, 0) \quad (IC)$$

Donde  $u(\cdot, \cdot)$  es la utilidad del miembro representativo del hogar, y  $d$  es la probabilidad exógena de que un trabajador holgazán sea detectado. La restricción de racionalidad individual asegura que los miembros del hogar prefieran trabajar en el sector formal, mientras que la restricción de compatibilidad de incentivos asegura que los trabajadores formales son indiferentes entre hacer holgazanería y llevar a cabo el esfuerzo requerido por el contrato. En equilibrio, esta restricción de incentivos se satisface con igualdad, lo que define el link entre el esfuerzo formal y los salarios formales:

$$e_t^f = \frac{T}{h} \left[ 1 - \left( \frac{C_t^s}{C_t^f} \right)^{d/\theta} \right] - \frac{\varepsilon}{h} \quad (25)$$

Manipulando el álgebra de las restricciones presupuestarias de los miembros formales, se llega a que el salario formal es una función creciente de la brecha del consumo no-holgazán, con respecto al consumo formal holgazán:  $W_t^f = \frac{P_t(C_t^f - C_t^s)}{(1-s)h}$ . Este resultado unido a la ecuación (25), implica que el esfuerzo de los trabajadores formales responde positivamente ante el aumento en el salario formal. Luego, al dividir la ecuación (6) entre la (7) y haciendo algunas modificaciones algebraicas, se obtiene:

$$\frac{C_t^f}{C_t^s} = \frac{\text{profits} + W_t^f h - B_t + \frac{1}{1+r} B_{t+1} + Tr_t}{\text{profits} + sW_t^f h - B_t + \frac{1}{1+r} B_{t+1} + Tr_t} \quad (26)$$

Donde  $\text{profits} = (V_{M,t} + d_{M,t})X_{M,t} + (V_{E,t} + d_{E,t})X_{E,t} - V_{M,t}X_{M,t+1} - V_{E,t}X_{E,t+1}$ . La ecuación (26) indica que la razón  $\frac{C_t^f}{C_t^s}$  disminuye cuando aumenta  $\text{profits}$  y/o cuando aumentan las transferencias desde el gobierno hacia los hogares. Finalmente, como resultado de la ecuación (26) no hay trabajadores holgazanes en equilibrio,  $N_t^s = 0$ .

### 5.2.1. Sector Formal No-Transable

Por simplicidad, las firmas no-transables no requieren de capital físico para el proceso de producción, lo que implica que el factor trabajo es el único factor productivo. Por tanto, la función de producción adopta la siguiente forma:

$$Y_{N,t}^f = \exp(A_{N,t}^f) N_{N,t}^f h e_t^f \quad (27)$$

$$A_{N,t}^f = \rho_N A_{N,t-1}^f + \epsilon_t^N \quad (28)$$

Donde  $A_{N,t}^f$  es el proceso estocástico exógeno-autorregresivo de la productividad y  $\epsilon_t^N$  es ruido blanco. Cada firma no-transable paga un impuesto sobre sus ingresos al gobierno,  $\tau_N$ , lo que implica que las C.P.O. que garantizan la maximización de los beneficios de las firmas no-transables, con respecto al factor trabajo y nivel de salario, son respectivamente:

$$(1 - \tau_N) P_{N,t} \exp(A_{N,t}^f) = \frac{W_t^f}{e_t^f} \quad (29)$$

$$(1 - \tau_N) P_{N,t} \exp(A_{N,t}^f) = \frac{1}{e_t^{f1}(W_t^f)} \quad (30)$$

Se puede observar que, por un lado, la productividad marginal del trabajo es igual al salario dividido el nivel de esfuerzo. Por otra parte, la condición de optimalidad con respecto al salario implica que la productividad marginal del trabajo es igual a la unidad, dividida por la derivada del esfuerzo con respecto al salario. Por lo tanto, en equilibrio se garantiza la siguiente situación de optimalidad:

$$\frac{W_t^f}{e_t^f} e_t^{f1}(W_t^f) = 1 \quad (31)$$

Esta expresión, conocida como la Condición de Solow, es la elasticidad unitaria salario del esfuerzo, la cual dice que en esta situación la firma no-transable está fijando un salario (de eficiencia), tal que un aumento en este nivel de salario en 1%, incentiva a que los trabajadores aumenten su nivel de esfuerzo en 1%, lo que corrige el problema de información asimétrica. Derivando la ecuación de esfuerzo en (25) con respecto al salario formal, y reemplazando la expresión resultante en la ecuación (31), se obtiene:

$$e_t^f = \frac{T}{h} \frac{d}{\theta} \left( \frac{C_t^f}{C_t^s} \right)^{-\left(\frac{d}{\theta}\right)-1} \left( \frac{C_t^s - sC_t^f}{(C_t^s)^2} \right) h W_t^f \quad (32)$$

Por tanto, el link entre los salarios y el nivel de esfuerzo se puede interpretar de la siguiente manera. Por la ecuación (26), un aumento en los beneficios de los empresarios formales y/o un aumento en las transferencias gubernamentales, disminuye la brecha entre el consumo formal y el consumo formal holgazán  $\frac{C_t^f}{C_t^s}$ , lo que disminuye el castigo para los trabajadores holgazanes. Con el fin de evitar que los trabajadores contraigan su esfuerzo, las firmas responden aumentando los salarios. Esto implica que ante un eventual choque positivo de productividad, se generan inicialmente beneficios empresariales y transferencias que aumentan los salarios y contraen el empleo formal, pero la mayor productividad de los trabajadores más que compensa positivamente el efecto negativo sobre el empleo que implica una demanda de trabajo de pendiente negativa. Es decir, los salarios son procíclicos.

Dado que existe un único salario a través de los subsectores formales, la Condición de Solow debe satisfacerse en las condiciones de optimalidad para las firmas manufactureras y minero-energéticas.

### 5.2.2. Sector Formal Manufacturero Transable

Las firmas manufactureras requieren factor trabajo y stock de capital para llevar a cabo sus procesos productivos. La ecuación de movimiento de capital es:

$$K_{M,t+1} = I_{M,t} + (1 - \delta_m)K_{M,t} \quad (33)$$

Donde  $K_{M,t}$  es el stock de capital de la firma manufacturera,  $I_{M,t}$  la inversión y  $\delta_m$  la tasa de depreciación del capital. Adicionalmente, el modelo cuenta con costos de ajustar el capital hacia su nivel óptimo, los cuales son proporcionales al stock de capital:

$$\frac{\phi_m}{2} \left( \frac{I_{M,t}}{K_{M,t}} - \delta_m \right)^2 K_{M,t} \quad (34)$$

Adicionalmente, el bien de inversión que demandan las firmas manufactureras  $I_{M,t}$  al precio  $P_{IM,t}$ , es un compuesto CES de la inversión local  $I_{H,t}$  y de la inversión foránea (importada)  $I_{F,t}$ , tal que:

$$I_{M,t} = \left[ \gamma_i^{1/\rho_i} I_{H,t}^{(\rho_i-1/\rho_i)} + (1 - \gamma_i)^{1/\rho_i} I_{F,t}^{(\rho_i-1/\rho_i)} \right]^{(\rho_i/\rho_i-1)} \quad (35)$$

Se supone que una unidad del bien manufacturado final (cuyo precio es igual a la unidad), se puede convertir inmediatamente en un bien de inversión manufacturero. Por tanto, el precio de la inversión manufacturera local  $I_{M,t}$  también es igual a la unidad. La solución al problema intratemporal por parte de la firma manufacturera, el cual consiste en escoger la cantidad demandada óptima de bienes de inversión local y foránea cada período, al precio que le minimice su gasto en la cantidad comprada total de inversión, implica las siguientes Condiciones de Primer Orden:

$$\frac{I_{H,t}}{I_{F,t}} = \frac{\gamma_i}{(1 - \gamma_i)} \left( \frac{1}{P_{F,t}} \right)^{-\rho_i} \quad (36)$$

$$P_{IM,t} = \left[ \gamma_i + (1 - \gamma_i) P_{F,t}^{1-\rho_i} \right]^{1/(1-\rho_i)} \quad (37)$$

$$I_{H,t} = \gamma_i I_{M,t} \left[ \frac{1}{P_{IM,t}} \right]^{-\rho_i} \quad (38)$$

$$I_{F,t} = (1 - \gamma_i) I_{M,t} \left[ \frac{P_{F,t}}{P_{IM,t}} \right]^{-\rho_i} \quad (39)$$

Por otra parte, las firmas manufactureras cuentan con una función de producción tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala, de la forma:

$$Y_{M,t}^f = \exp(A_t^M) K_{M,t}^{\alpha_m} \left[ N_{M,t}^f h e_t^f \right]^{1-\alpha_m} \quad (40)$$

$$A_{M,t}^f = \rho_M A_{M,t-1}^f + \epsilon_t^M \quad (41)$$

Donde  $A_{M,t}^f$  es el proceso estocástico exógeno-autorregresivo de la productividad y  $\epsilon_t^M$  es ruido blanco. Cada firma manufacturera paga un impuesto sobre sus ingresos al gobierno,  $\tau_M$ . Las firmas manufactureras maximizan el valor presente de sus dividendos, tal que:

$$E_t \sum_{s=t}^{\infty} [\exp \beta_s^{s-t}] \left[ \frac{\lambda_{c,s} P_t}{\lambda_{c,t} P_s} \right] d_{M,s} \quad (42)$$

$$d_{M,s} = (1 - \tau_M)Y_{M,s}^f - P_{IM,t} \left( I_{M,s} + \frac{\phi_m}{2} \left( \frac{I_{M,s}}{K_{M,s}} - \delta_m \right)^2 K_{M,s} \right) - W_s^f h N_{M,s}^f \quad (43)$$

Donde  $\lambda_{c,t} = \frac{N_t^f}{C_t^f} + \frac{N_t^i}{C_t^i} + \frac{N_t^u}{C_t^u}$  es la utilidad marginal del consumo de todos los miembros del hogar. La manera de descontar el flujo futuro de dividendos esperados en la ecuación (46), es la que se utiliza en trabajos como los de Mendoza (1991), Ojeda, et al., (2014), y Schmitt-Grohé y Uribe (2015). Esta estrategia de descuento intertemporal, se puede interpretar como el valor asignado por los hogares a los pagos contingentes de bienes de consumo, en el período s, en términos del período t. Este proceso de maximización, sujeto a la ecuación de movimiento del stock de capital, restricción de compatibilidad de incentivos (IC) y de racionalidad individual (IR), genera las siguientes condiciones de optimalidad con respecto a  $K_{M,t+1}$ ,  $I_{M,t}$ ,  $N_{M,t}^f$ ,  $W_t^f$ , respectivamente:

$$E_t \exp(\beta_{t+1}) \left[ \frac{\lambda_{c,t+1}}{\lambda_{c,t}} \cdot \frac{P_t}{P_{t+1}} \right] \left[ P_{IM,t+1} \left( \phi_m \left( \frac{I_{M,t+1}}{K_{M,t+1}} - \delta_M \right) \frac{I_{M,t+1}}{K_{M,t+1}} - \frac{\phi_m}{2} \left( \frac{I_{M,t+1}}{K_{M,t+1}} - \delta_M \right)^2 \right) \right. \\ \left. + \alpha_m \frac{(1 - \tau_m) Y_{M,t+1}^f}{K_{M,t+1}} + \lambda_{IM,t+1} (1 - \delta_M) \right] = \lambda_{IM,t} \quad (44)$$

$$P_{IM,t} \left[ 1 + \phi_m \left( \frac{I_{M,t}}{K_{M,t}} - \delta_M \right) \right] = \lambda_{IM,t} \quad (45)$$

$$(1 - \tau_m) \exp(a_{M,t}) (1 - \alpha_m) K_{M,t}^{\alpha_m} \left[ N_{M,t}^f h e_t^f \right]^{-\alpha_m} = \frac{W_t^f}{e_t^f} \quad (46)$$

$$(1 - \tau_m) \exp(a_{M,t}) (1 - \alpha_m) K_{M,t}^{\alpha_m} \left[ N_{M,t}^f h e_t^f \right]^{-\alpha_m} = \frac{1}{e_t^{f1} (W_t^f)} \quad (47)$$

La ecuación (44) es la condición de optimalidad con respecto al stock de capital, la cual dice que el precio sombra de una unidad de capital en el presente, es igual al valor descontado del precio sombra por unidad de capital futuro neto de la depreciación, más el valor descontado de la productividad marginal del capital neta de los costos de ajustar la inversión. Por su parte, la condición de optimalidad con respecto a la inversión, es igual al cociente del precio sombra del capital, con respecto al precio del bien de inversión  $\frac{\lambda_{IM,t}}{P_{IM,t}}$  lo cual es igual a la q de tobin:  $q_t = 1 + \phi_m \left( \frac{I_{M,t}}{K_{M,t}} - \delta_M \right)$ . Como en estado estacionario no existen costos de ajustar la inversión, entonces  $q = 1$  y  $\lambda_{IM,t} = P_{IM,t}$ . Finalmente, las condiciones de optimalidad con respecto al factor trabajo y salario, implican nuevamente la Condición de Solow de salarios de eficiencia, tratada en el problema de maximización de los dividendos de las firmas no-transables:

$$\frac{W_t^f}{e_t^f} e_t^{f1} (W_t^f) = 1$$

### 5.2.3. Sector Formal Minero - Energético

A diferencia del caso de las firmas manufactureras, la inversión en el sector manufacturero es importada en su totalidad. De manera análoga al sector manufacturero, en las firmas minero-energéticas la ecuación de movimiento del capital, costos de instalación del capital, y función de producción, respectivamente, se pueden expresar de la siguiente manera:

$$K_{E,t+1} = I_{E,t} + (1 - \delta_E)K_{E,t} \quad (48)$$

$$\frac{\phi_E}{2} \left( \frac{I_{E,t}}{K_{E,t}} - \delta_E \right)^2 K_{E,t} \quad (49)$$

$$Y_{E,t}^f = \exp(A_t^E) K_{E,t}^{\alpha_E} \left[ N_{E,t}^f h e_t^f \right]^{1-\alpha_E} \quad (50)$$

$$A_{E,t}^f = \rho_E A_{E,t-1}^f + \epsilon_t^E \quad (51)$$

Donde  $K_{E,t}$  es el stock de capital minero-energético,  $\delta_E$  es la tasa de depreciación,  $A_{E,t}^f$  es el proceso estocástico exógeno-autorregresivo de la productividad,  $\epsilon_t^E$  es ruido blanco y la tecnología de producción es tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala.

Como en el caso de las firmas manufactureras, cada firma minero-energética paga un impuesto sobre sus ingresos al gobierno,  $\tau_E$ , y maximiza el valor presente de sus dividendos, tal que:

$$E_t \sum_{s=t}^{\infty} [\exp \beta_s^{s-t}] \left[ \frac{\lambda_{c,s} P_t}{\lambda_{c,t} P_s} \right] d_{E,s} \quad (52)$$

$$d_{E,s} = (1 - \tau_E) Y_{E,s}^f - P_{F,t} \left( I_{E,s} + \frac{\phi_E}{2} \left( \frac{I_{E,s}}{K_{E,s}} - \delta_E \right)^2 K_{E,s} \right) - W_s^f h N_{E,s}^f \quad (53)$$

Este proceso de maximización, sujeto a la ecuación de movimiento del stock de capital, genera las siguientes condiciones de optimalidad con respecto a  $K_{E,t+1}$ ,  $I_{E,t}$ ,  $N_{E,t}^f$ ,  $W_t^f$ , respectivamente:

$$E_t \exp(\beta_{t+1}) \left[ \frac{\lambda_{c,t+1} P_t}{\lambda_{c,t} P_{t+1}} \right] \left[ P_{F,t+1} \left( \phi_\varepsilon \left( \frac{I_{E,t+1}}{K_{E,t+1}} - \delta_\varepsilon \right) \frac{I_{E,t+1}}{K_{E,t+1}} - \frac{\phi_\varepsilon}{2} \left( \frac{I_{E,t+1}}{K_{E,t+1}} - \delta_\varepsilon \right)^2 \right) \right. \\ \left. + \alpha_\varepsilon P_{E,t+1} (1 - \tau_\varepsilon) \frac{Y_{E,t+1}^f}{K_{E,t+1}} + \lambda_{IE,t+1} (1 - \delta_\varepsilon) \right] = \lambda_{IE,t} \quad (54)$$

$$P_{F,t} \left[ 1 + \phi_\varepsilon \left( \frac{I_{E,t}}{K_{E,t}} - \delta_\varepsilon \right) \right] = \lambda_{IE,t} \quad (55)$$

$$(1 - \tau_\varepsilon) \exp(A_{E,t}^f) (1 - \alpha_\varepsilon) K_{E,t}^{\alpha_\varepsilon} \left[ N_{E,t}^f h e_t^f \right]^{-\alpha_\varepsilon} = \frac{W_t^f}{e_t^f} \quad (56)$$

$$(1 - \tau_\varepsilon) \exp(A_{E,t}^f) (1 - \alpha_\varepsilon) K_{E,t}^{\alpha_\varepsilon} \left[ N_{E,t}^f h e_t^f \right]^{-\alpha_\varepsilon} = \frac{1}{e_t^{f1} (W_t^f)} \quad (57)$$

La dinámica del capital y de la inversión en el caso del sector minero-energético es análoga a la del sector manufacturero. Una vez descrita la dinámica del capital y la inversión en ambos sectores formales, debe precisarse que ante un choque positivo de productividad al sector minero-energético, aumenta la productividad marginal del capital en este sector, lo que aumenta el precio sombra del capital relativo al precio del bien de inversión, lo que aumenta la  $q$  de Tobin minero-energética, y con ello sube la inversión y el stock de capital energéticos. Adicionalmente, en caso de existir movilidad del trabajo hacia este sector, se desplaza la demanda de capital hacia arriba y hacia la derecha, reforzando aún más el incremento del stock de capital minero-energético. Aunque en el modelo no existe movilidad del capital entre los sectores formales, el menor nivel de trabajo en el sector manufacturero debido a la enfermedad holandesa altera las tasas marginales de sustitución de

trabajadores entre los sectores formales, lo que contrae la demanda de capital manufacturero, lo cual resulta en menor stock de capital e inversión manufacturera.

De manera análoga a los sectores no-transables y manufactureros, las C.P.O. con respecto al factor trabajo y salario real, implican que en equilibrio se satisface la Condición de Solow:

$$\frac{W_t^f}{e_t^f} e_t^{f1}(W_t^f) = 1$$

Finalmente, el PIB formal es igual a la suma del valor de la producción en cada uno de los sectores formales, así como el PIB total es la suma del PIB formal e informal, de manera que:

$$Y_t^f = Y_{M,t} + P_{N,t}Y_{N,t} + P_{E,t}Y_{E,t} \quad (58)$$

$$Y_t = Y_t^f + Y_t^i \quad (59)$$

### 5.3. Sector Fiscal

Siguiendo a Ojeda, et al. (2014), los ingresos del gobierno provienen de los impuestos resultantes de gravar a los ingresos de los sectores formales de la economía, i. e. el sector no-transable, el sector de las manufacturas, y el sector minero-energético. Matemáticamente:

$$T_t = \tau_m Y_{M,t}^f + \tau_N P_{N,t} Y_{N,t}^f + \tau_\epsilon P_{E,t} Y_{E,t}^f \quad (60)$$

Se asume que el gobierno siempre se encuentra en la condición de presupuesto balanceado, en el sentido que los impuestos son iguales a las transferencias hacia los hogares en todo momento del tiempo:

$$Tr_t = T_t \quad (61)$$

La existencia del gobierno dentro del modelo es muy importante, debido a que frente a un eventual choque de productividad minero-energética, no solamente aumentarían los salarios formales, sino también el recaudo tributario. Estos dos factores aumentan el consumo y, por tanto, generan presiones al alza sobre la demanda agregada, lo que hace posible el mecanismo de la enfermedad holandesa.

Sin embargo, la razón fundamental para no incluir una regla fiscal, es que todos los agentes de la economía son ricardianos. Dado que las transferencias hacia los hogares son de suma fija, el supuesto de agentes ricardianos hace que las trayectorias óptimas de consumo sean equivalentes frente a cierto choque, cuando regla fiscal es procíclica o contracíclica, debido a la suavización del consumo por parte de los miembros del hogar. Por tanto, incorporar una regla fiscal no altera las asignaciones óptimas, lo que la hace irrelevante dentro del presente esquema.

### 5.4. Sector Externo

El proceso de las exportaciones (sólo bienes manufacturados) es de la forma:

$$X_{M,t} = e_t^\nu Y_{F,t} \quad (62)$$

Donde  $e$  es la tasa de cambio real,  $\nu$  es la elasticidad de las exportaciones a la tasa de cambio real, y  $Y_{F,t}$  es el PIB del resto del mundo (exógeno). A su vez, la tasa de cambio real es igual a:

$$e_t = \frac{P_{F,t}}{P_t} \quad (63)$$

Por otra parte, la cuenta corriente se define como:

$$CA_t = -\gamma(B_t + B_{G,t}) + X_{M,t} + P_{E,t}Y_{E,t} - P_{F,t}(C_{F,t}^f + C_{F,t}^i + C_{F,t}^u + I_{E,t} + I_{M,t}) \quad (64)$$

Para efectos de cerrar el modelo, el producto manufacturero formal debe ser igual al consumo de manufacturas domésticas más la inversión manufacturera local más las exportaciones. Adicionalmente, la producción de bienes no transables debe ser igual al consumo de no transables:

$$Y_{M,t}^f = C_{M,t}^f + C_{M,t}^i + C_{M,t}^u + I_{M,t} + X_{M,t} \quad (65)$$

$$Y_{M,t}^f = C_{N,t}^f + C_{N,t}^i + C_{N,t}^u \quad (66)$$

## 5.5. Equilibrio General

Con el fin de comparar los efectos que se derivan de un choque positivo al precio internacional del petróleo ( $P_{E,t}$ ), con respecto a los resultados de un choque positivo a la productividad del sector de commodities, el precio del petróleo sigue un proceso (exógeno) autorregresivo de la forma:

$$A_{E,t}^p = \rho_E A_{E,t-1}^p + \epsilon_t^p \quad (67)$$

Donde  $\epsilon_t^p$  es un componente estocástico ruido blanco. Basado en Schmitt-Grohé y Uribe (2015), el equilibrio competitivo recursivo en la economía descentralizada, consta de un conjunto de procesos dinámicos:

$$\{P_t, C_t^f, C_t^s, C_t^i, C_t^u, F_t^i, F_t^f, F_t^u, N_t^i, N_t^f, N_t^u, V_{M,t}, V_{E,t}, d_{M,t}, d_{E,t}, W_t^f, W_t^i, B_t, Tr_t, \beta_t, e_t^f, e_t^i, P_{T,t},$$

$$P_{N,t}, P_{F,t}, P_{IM,t}, P_{E,t}, C_{N,t}^f, C_{T,t}^f, C_{F,t}^f, C_{M,t}^f, C_{N,t}^s, C_{T,t}^s, C_{F,t}^s, C_{M,t}^s, C_{N,t}^i, C_{T,t}^i, C_{F,t}^i, C_{M,t}^i, C_{N,t}^u,$$

$$C_{T,t}^u, C_{F,t}^u, C_{M,t}^u, N_{N,t}^f, N_{M,t}^f, N_{E,t}^f, Y_t^f, Y_t^i, Y_{N,t}^f, Y_{M,t}^f, Y_{E,t}^f, A_{N,t}^f, A_{M,t}^f, A_{E,t}^f, A_{E,t}^p, A_{E,t}^I, I_{M,t}, I_{H,t}$$

$$I_{F,t}, K_{M,t}, \lambda_{IM,t}, \lambda_{E,t}, \lambda_{c,t}, I_{E,t}, K_{E,t}, Y_t, e_t, X_{M,t}, B_{G,t}, T_t, CA_t \}_{t=0}^{\infty}$$

Los cuales satisfacen las ecuaciones (1)-(24), (27)-(41), (43)-(51), (53)-(68), dadas:

$$B_{-1}, K_{M,-1}, K_{E,-1}, A_{N,0}^f, A_{M,0}^f, A_{E,0}^f, A_{E,0}^p$$

y los procesos estocásticos  $\{\epsilon_t^N, \epsilon_t^M, \epsilon_t^E, \epsilon_t^p\}_{t=0}^{\infty}$ .

## 6. Calibración

Los parámetros y relaciones entre variables en el estado estacionario, se fijan tentativamente basados en calibraciones hechas por Ojeda, et al. (2014), valores estándar de la literatura previa, y en algunos hechos estilizados de la macroeconomía colombiana.

En primera instancia se fijan los valores de largo plazo para la tasa de ocupación formal, tasa de ocupación informal, y tasa de desempleo, tal que coincidan con sus respectivos valores observados promedio, en el periodo trimestral 1984 - 2013, según las estadísticas del DANE. En promedio, las tasas de ocupación formal, informal y desempleo fueron de 39,2 %, 49,6 % y 11,6 %, respectivamente:

$$N^f = 0,392, N^i = 0,496, N^u = 0,116$$

Adicionalmente, al sumar en cada periodo el número de ocupados por ramas de actividad económica que publica el DANE para el periodo 2000 - 2013, correspondientes a los sectores Manufactureros (Industria Manufacturera), Minero-Energéticos (Explotación de Minas y Canteras) y No-Transables (Construcción, Actividades Inmobiliarias, Comercio, Restaurante y Hoteles), y asumiendo que dicha suma es el empleo “formal” que se considera en el modelo, las participaciones promedio en empleo de estos sectores dentro del empleo formal total, son:

$$N_M^f = 0,202, N_E^f = 0,024, N_N^f = 0,166$$

Se puede notar que estos valores satisfacen la restricción:  $N_M^f + N_E^f + N_N^f = N^f$ .

La relación entre el producto formal e informal de estado estacionario, fue endógena al sistema de ecuaciones estáticas, la cual resultó ser de  $Y^f/Y^i = 3,58$ , valor muy similar al que encuentran Jaramillo y Gómez (2013) para el año 2007, el cuál corresponde a 3,67. El PIB per cápita total fue de 5,63, cuyo valor se calculó tomando el PIB (a precios constantes) del año 2007, luego se dividió entre 4 para obtener una medida trimestral, y finalmente se dividió entre la Población Económicamente Activa (PEA) de septiembre de ese año. Teniendo en cuenta la relación  $Y^f/Y^i$ , se obtuvo  $Y^f = 4,29$  y  $Y^i = 1,20$ .

De manera similar al cálculo de las participaciones de los niveles de empleo en el empleo formal del modelo, se calcularon las participaciones promedio de los niveles de producto manufacturero, minero-energético y no-transable, a partir de la base de datos del PIB, discriminado por ramas de actividad económica, que se encuentra en las cuentas nacionales trimestrales que publica el DANE. De esta manera, se tiene que en estado estacionario:

$$Y_M^f = 1,99, Y_E^f = 1,58, Y_N^f = 0,11$$

Adicionalmente, las participaciones del stock de capital en la producción manufacturera y minero-energética, fueron calculadas endógenamente y sus valores fueron respectivamente iguales a  $\alpha_m = 0,63$ . y  $\alpha_E = 0,87$ , siendo este último valor muy similar al del reporte sobre la regla fiscal para Colombia (Ojeda, et al., 2015; Comité Técnico Interinstitucional, 2010). Luego, al fijar  $s = 0,7$ , la relación entre consumo formal no holgazán - consumo formal holgazán, fue de  $C^f/C^s = 1,25$ . Este valor se acerca al calculado por Jaramillo, et al. (2015) de 1,30 y al estimado por Alexopoulos (2004) de 1,28 para el sector de las comidas rápidas en Estados Unidos.

En resumen, los valores de los parámetros del modelo se encuentran en la tabla 1.

## 7. Funciones de Impulso-Respuesta

Basado en la calibración y en los valores de estado estacionario, se procede a solucionar el modelo dinámico a través del método de la aproximación de primer orden. Posteriormente, se simula un choque positivo al componente estocástico de la productividad en 10 %, el cual se puede interpretar como un auge minero-energético (Ojeda, et al., 2014). Adicionalmente, se comparan los resultados que se derivan de un choque positivo a la productividad minero-energética, con respecto a los resultados que emergen de un choque positivo al precio (internacional) del petróleo en 10 %.

### 7.1. Choque positivo de productividad al sector minero-energético

En la figura 13 (Anexo 1.1), se encuentran las respuestas de las variables del modelo frente a un choque positivo al componente estocástico de la productividad del sector minero-energético. En primera instancia, se puede observar que el incremento en la productividad energética genera un aumento de la producción en este sector, lo que genera un aumento en el recaudo tributario y en los beneficios de las firmas minero energéticas. Este hecho da lugar a que disminuya la razón  $\frac{C_t^f}{C_t^s}$  y, por tanto, cae el castigo para los trabajadores holgazanes y el incentivo a esforzarse por parte de los trabajadores

Cuadro 1: Calibración

Parámetros Fijados/Calibrados	Símbolo	Valor	Fuente
Dotación total de tiempo	$T$	30	Fijado
Tiempo dedicado al trabajo	$h$	10	Fijado
Proporción pago anticipado de salario formal	$s$	0,7	Fijado
Contribución del ocio a la utilidad	$\theta$	1,68	Endógeno
Probabilidad de detectar a un trabajador formal holgazán	$d$	0,45	Endógeno
Costo fijo de esforzarse	$\xi$	6,5	Endógeno
Factor subjetivo de descuento	$\beta$	0,99	Ojeda, et al. (2014)
Participación del capital en el producto manufacturero	$\alpha_m$	0,63	Endógeno
Participación del capital en el producto minero-energético	$\alpha_E$	0,87	Endógeno
Depreciación stock de capital manufacturero	$\delta_m$	0,11	Endógeno
Depreciación stock de capital minero-energético	$\delta_E$	0,17	Endógeno
Tasa impositiva - sector no-transable formal	$\tau_N$	0,2	Ojeda, et al. (2014)
Tasa impositiva - sector manufacturero formal	$\tau_M$	0,2	Ojeda, et al. (2014)
Tasa impositiva - sector minero-energético formal	$\tau_E$	0,6	Ojeda, et al. (2014)
Participación inversión local en la total manufacturera	$\gamma_i$	0,85	Fijado
Elasticidad de sustitución inversión local por importada	$\rho_i$	0,2	Ojeda, et al. (2014)
Participación consumo no-trans. en el consumo total	$\gamma_c$	0,5	Ojeda, et al. (2014)
Elasticidad de sustitución consumo no-trans por trans.	$\rho_c$	0,4	Ojeda, et al. (2014)
Participación consumo man. en el consumo transable	$\gamma_m$	0,4	Ojeda, et al. (2014)
Elasticidad de sustitución consumo man. por importados	$\rho_m$	0,55	Ojeda, et al. (2014)
Elasticidad de la tasa de cambio a las exportaciones	$\nu$	0,19	Endógeno
Contribución de los informales al producto informal	$\gamma$	0,5	Fijado
Parámetro de nivel en la producción informal	$\rho$	0,07	Endógeno
Costos de ajuste del capital - Firmas manufactureras	$\phi_m$	2,2	Ojeda, et al. (2014)
Costos de ajuste del capital - Firmas minero-energéticas	$\phi_E$	2,2	Ojeda, et al. (2014)
Persistencia choque productividad - no-transable	$\rho_N$	0,9	Fijado
Persistencia choque productividad - manufacturas	$\rho_M$	0,9	Fijado
Persistencia choque productividad - minero-energéticos	$\rho_E$	0,9	Fijado
Desviación estándar choque tecnológico	$\sigma_A$	0,1	Fijado

formales. Para evitar la caída en el esfuerzo formal, las firmas formales deciden aumentar el salario, disminuyendo inicialmente el nivel de empleo. Sin embargo, el aumento de la productividad minero energética desplaza hacia la derecha la curva de demanda de trabajo en este sector, lo que compensa con creces la caída en el empleo del sector de commodities, pues la firma energética demanda mayor número de trabajadores al nuevo (mayor) nivel de salarios. Por otra parte, el aumento de la productividad energética incrementa la productividad marginal del capital, lo que aumenta el precio sombra por unidad de capital relativo al precio de la inversión. En consecuencia, aumenta la  $q$  de Tobin y con ello, la inversión y el stock de capital en el sector minero-energético. Adicionalmente, la libre movilidad del trabajo hacia este sector desplaza la demanda de capital hacia arriba y hacia la derecha, reforzando aún más el incremento del stock de capital minero-energético. Por tanto, la respuesta del sector minero energético se reduce a un aumento de la producción, los salarios, el empleo, la inversión, y el stock de capital.

El incremento de los salarios formales, dividendos formales y transferencias estatales aumentan de manera generalizada los niveles de consumo de los miembros del hogar, provocando un aumento del nivel de precios en el subsector no-transable, relativo al nivel de precios del subsector manufacturero transable (numerario). Esto genera una disminución (apreciación) en la tasa de cambio real, acompañada de un aumento de la cuenta corriente. Esta diferencia en la reacción de los precios hace que aumenten los costos de producción en el sector manufacturero, y aumente la productividad del sector no-transable, lo que contrae el empleo manufacturero, y aumenta el empleo en el sector no-transable. Adicionalmente, aumenta el producto en el sector no-transable, y caen el empleo, producto, inversión y stock de capital en el sector manufacturero.

Como consecuencia, en el agregado aumentan el empleo formal y producto formal de la economía, lo que disminuye el empleo informal y el producto informal. Al caer el ingreso de los informales, los miembros desempleados obtienen al final un ingreso neto superior al ingreso total de los miembros informales, lo que da lugar a un aumento del número de desempleados, y a una caída aún más pronunciada en el número de trabajadores informales. Como resultado, los desempleados ven aumentar su consumo, mientras que el consumo informal cae.

## 7.2. Choque positivo al precio internacional del petróleo

En la figura 14 (Anexo 1.2), se encuentran las respuestas de las variables del modelo frente a un choque positivo (10%) al precio internacional del petróleo ( $P_{E,t}$ ). Se puede observar que los resultados son muy similares, con respecto a un incremento exógeno a la productividad del sector minero energético. Este resultado apoya el argumento de López et. al (2013), que consiste en que un boom minero energético a través de un incremento en el precio internacional de este bien, está asociado a un aumento de la productividad en este sector. La única diferencia entre un aumento de la productividad energética y un aumento exógeno en el precio de los commodities, es que la primera afecta el nivel de producto directamente, pues está presente en la función de producción. Sin embargo, la reacción del producto cuando aumenta el precio del bien primario es un poco más tardía, pues éste afecta indirectamente al producto a través de las productividades marginales de los factores.

## 8. Conclusiones

El presente trabajo desarrolla un modelo macroeconómico de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE), con el fin de analizar los efectos macroeconómicos que se derivan de simular un choque positivo al componente estocástico de la productividad del sector minero-energético. El modelo consta de una economía pequeña y abierta, el cual sigue de cerca la estrategia de modelación de los hogares de Alexopoulos (2004) y Obando, Jaramillo y Guataquí (2015). El sector productivo se compone de un sector informal y un sector formal, siendo este último un compuesto de 3 subsectores productivos: bienes no-transables, manufacturados transables y minero-energéticos (Jaramillo et al. 2015; Ojeda, Parra y Vargas, 2014). Adicionalmente, la política fiscal y el sector externo siguen de cerca la estrategia

de modelación de Ojeda, et al. (2014), con el fin de simular adecuadamente los mecanismos de transmisión que implica el boom minero-energético y la enfermedad holandesa. Adicionalmente, los parámetros y valores de estado estacionario se calcularon con base en Jaramillo, et al. (2015), Ojeda, et al. (2014), algunos hechos estilizados de la economía colombiana, y se tomaron algunos valores de parámetros de la literatura convencional.

En términos de resultados, un choque transitorio positivo a la productividad del sector minero-energético genera un aumento generalizado de los salarios en el sector formal y en el recaudo tributario, incrementando el consumo total de los miembros del hogar. Esto genera un incremento del precio de los bienes no transables relativo al precio de los bienes transables, disminuyendo la tasa de cambio real (apreciación) y provocando un desplazamiento de los recursos productivos, desde el sector transable (manufacturero) al no-transable, seguido de un aumento en el PIB y empleo formal de la economía. Este hecho hace que el sector formal agregado absorba trabajadores desde el sector informal a través del subsector formal no-transable, lo que disminuye el PIB informal. En consecuencia, el consumo neto de los miembros informales disminuye, lo que incentiva a que algunos miembros del hogar no se empleen en el sector informal y prefieran quedarse desempleados. Por lo tanto, el resultado final sobre el mercado laboral es una disminución de los trabajadores informales, de los cuales una parte se encuentra en el sector formal, y la parte restante está en condición de desempleo.

Adicionalmente, se comparan los resultados de un choque positivo a la productividad del sector minero energético, con un choque al precio de los commodities, arrojando los mismos resultados cualitativos a los obtenidos ante un aumento de la productividad minero energética.

## Referencias

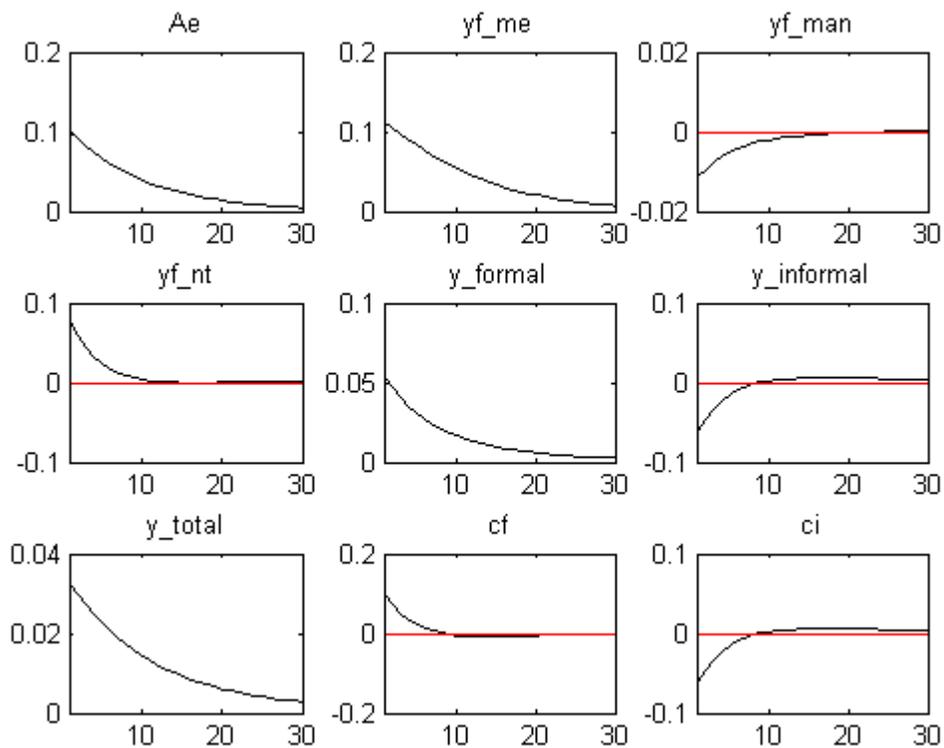
- [1] Agencia Nacional de Hidrocarburos (2004). “Modelo de Contrato de Exploración y Producción”.
- [2] Agencia Nacional de Hidrocarburos (2009). “Colombia: petróleo y futuro”.
- [3] Alexopoulos, M. (2004). “Unemployment and the bussines cycle”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 51, pp. 277-298.
- [4] Arguello, R. (2011). “The International Economic Crisis and the Colombian Economy”, *Serie Documentos de Trabajo*, No. 98. Universidad del Rosario.
- [5] Arguello, R., Jiménez, D., Torres, E., y Gasca, M. (2014). “Dutch Disease, Informality, and Employment Intensity in Colombia”, *Interim Report. Partnership for economic policy (PEP). Policy Analysis on Growyh and Employment (PAGE)*.
- [6] Beverelli, C., Dell’Erba, S., y Rocha, N. (2011). “Dutch Disease Revisited. Oil Discoveries and Movements of the Real Exchange Rate when Manufacturing is Resource-Intensive”, *International Economics and Economic Policy*, vol 8(2), pp. 139-153.
- [7] Cano, C. (2010). “Regla Fiscal y Estabilidad Macroeconómica en Colombia”, *Borradores de Economía*, No. 607. Banco de la República.
- [8] Clavijo, S. Vera, A., y Fandiño, A. (2012). “La desindustrialización en Colombia: análisis cuantitativo de sus determinantes”, ANIF, Bogotá.
- [9] Corden, W., y Neary, J. (1982). “Booming Sector and De-Industrialization in a Small Open Economy”, *The Economic Journal*, vol. 92 (368), pp. 825-848.
- [10] Goda, T., y Torres, A. (2015). “Flujos de capital, recursos naturales y enfermedad holandesa: el caso colombiano”, *Ensayos Sobre Política Económica*, vol. 33(78), pp. 197-206.
- [11] González, A., López, M., Rodríguez, N., y Téllez, S. (2013). “Fiscal Policy in a Small Open Economy with Oil Sector and non-Ricardian Agents”, *Borradores de Economía*, No. 759. Banco de la República.

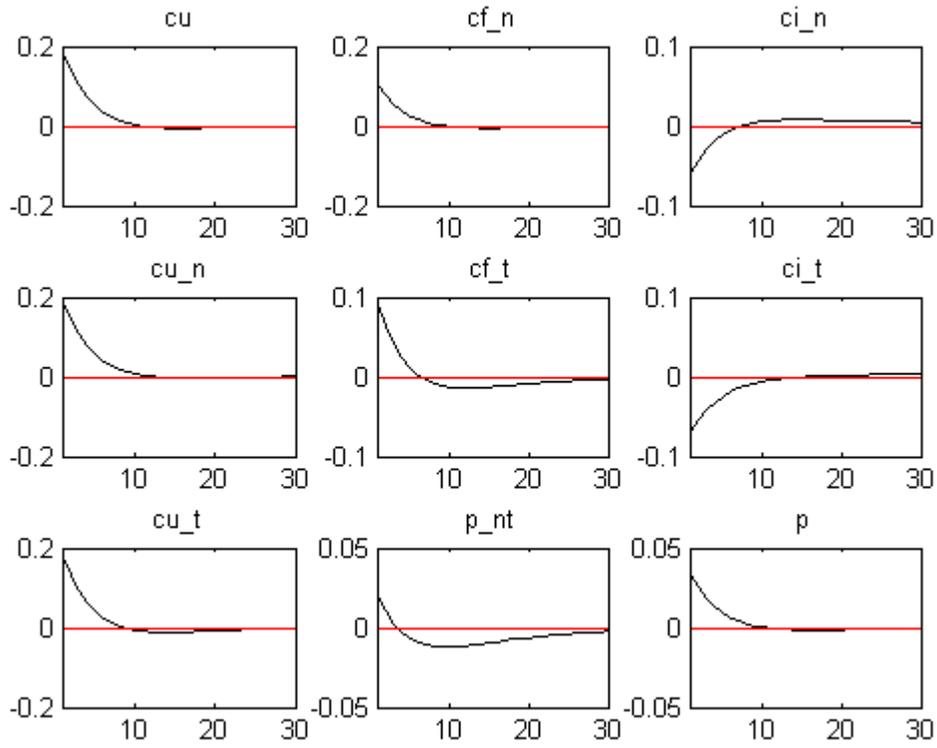
- [12] Jaramillo, F., Obando, N., y Guataquí, J. (2015). “Informality and Efficiency Wages over the Business Cycle: Adjustment Device of the Labor Market”, Mimeo. Universidad del Rosario.
- [13] López, E., Montes, E., Garavito, A., y Collazos, M. (2013). “La Economía Petrolera en Colombia”. En: Flujos de capitales, choques externos y respuestas de política en países emergentes. Editores: Rincón, H. y Velasco, A. Banco de la República.
- [14] Mendoza, E. (1991). “Real Business Cycles in a Small Open Economy”, *The American Economic Review*, vol. 81(4), pp. 797-818.
- [15] Ojeda, J., Parra, J. y Vargas, C. (2014). “Natural Resource Booms, Fiscal Rules and Welfare in a Small Open Economy”, *Borradores de Economía*, No. 807. Banco de la República.
- [16] Orrego, F., y Vega (2014). “Commodity Windfalls, Macroeconomic Management and Welfare”, Documento de Trabajo. Banco Central del Perú.
- [17] Pieschacón, A. (2012). “The Value of Fiscal Discipline for Oil-Exporting Countries”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 59, pp. 250-268.
- [18] Sachs, J., y Warner, A. (1997). “Natural Resource Abundance and Economic Growth”, Working Paper, Center for International Development and Harvard Institute for International Development.
- [19] Sachs, J. (2007). “How to Handle the Macroeconomics of Oil Wealth”, Initiative for Policy Dialogue Working Paper Series, Resource Curse.
- [20] Suescún, R. (1997). “Commodity Booms, Dutch Disease, and Real Business Cycles in a Small Open Economy: The case of Coffee in Colombia”, *Borradores Semanales de Economía*, No. 73. Banco de la República.
- [21] Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2003). “Closing Small Open Economy Models”, *Journal of International Economics*, vol. 61, pp. 163-185.
- [22] Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2004). “Solving Dynamic General Equilibrium Models using a Second Order Approximation to the Policy Function”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 28(4), pp. 755-775.
- [23] Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2015). “Open Economy Macroeconomics”, Columbia University Press.
- [24] Stokey, N., and Lucas, R. (1989). “Recursive Methods in Economic Dynamics”, Harvard University Press.

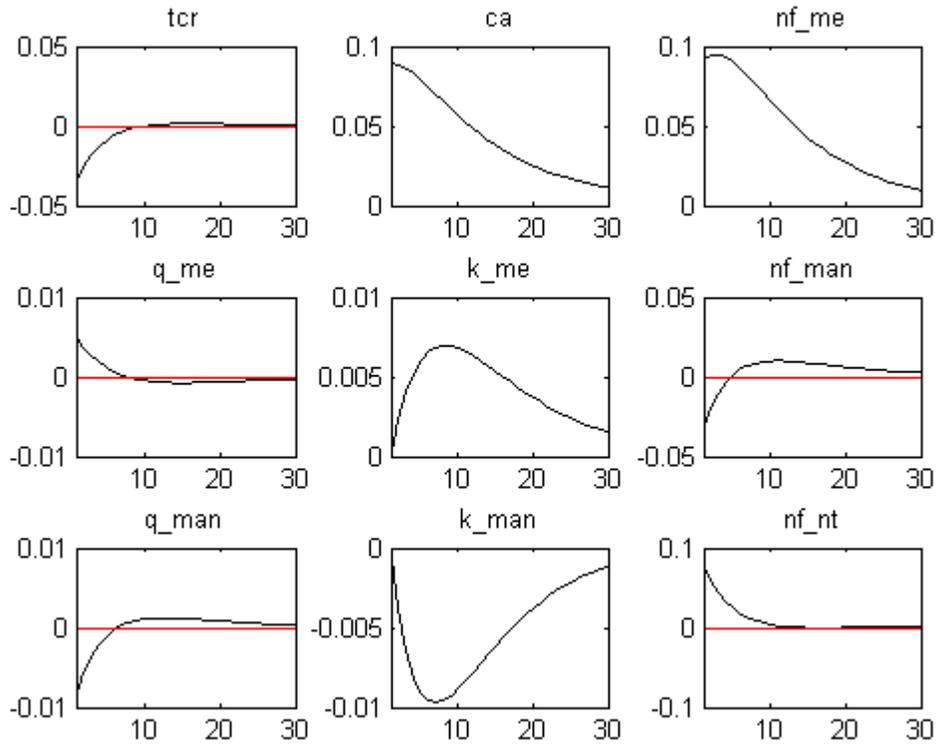
## Anexos

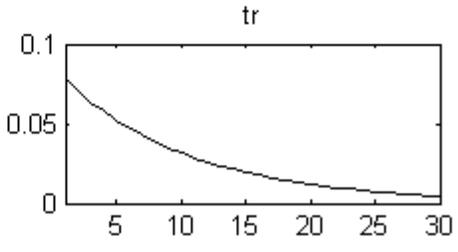
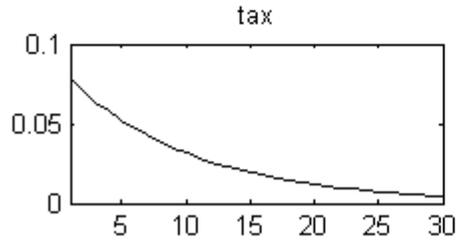
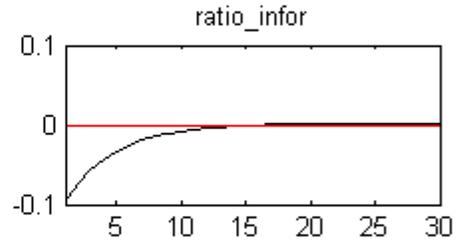
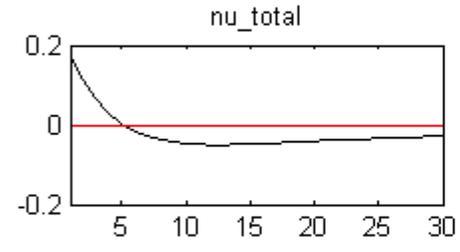
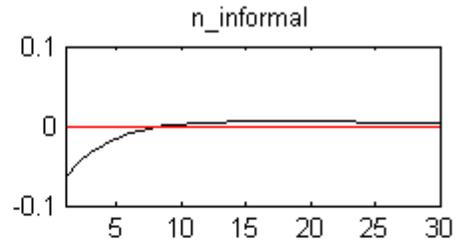
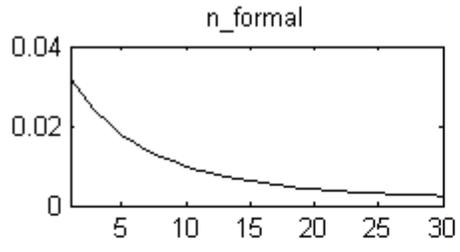
### Anexo 1.1. Choque positivo a la productividad del sector minero-energético

Figura 13: Funciones de impulso-respuesta ante un choque positivo (10%) a la productividad minero energética.



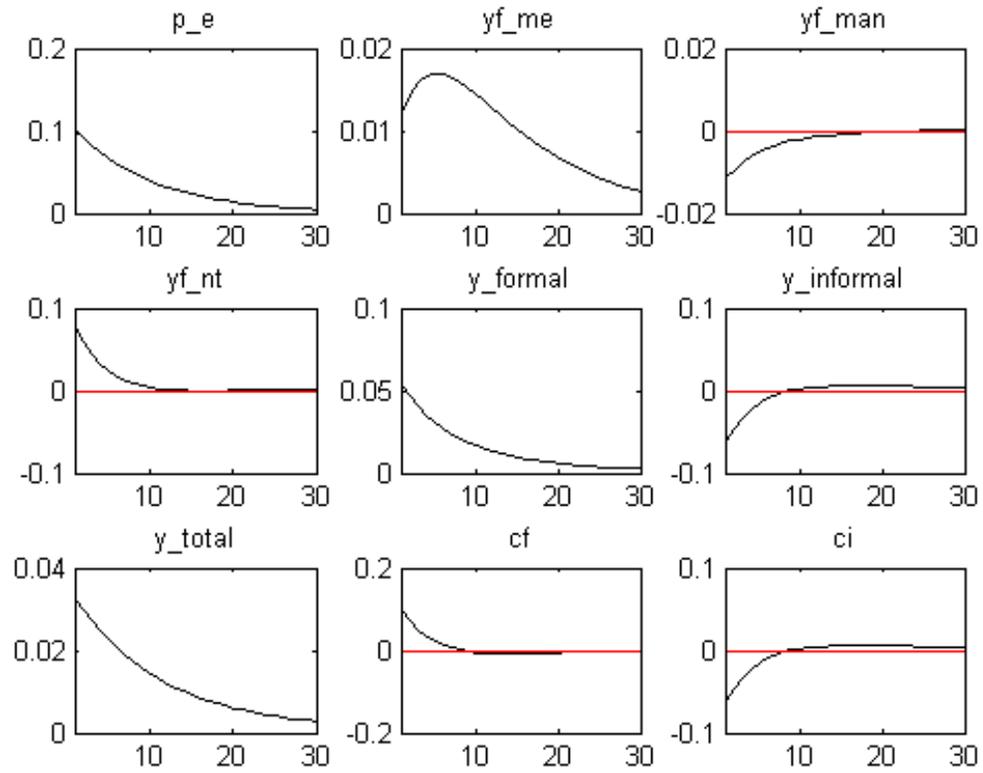


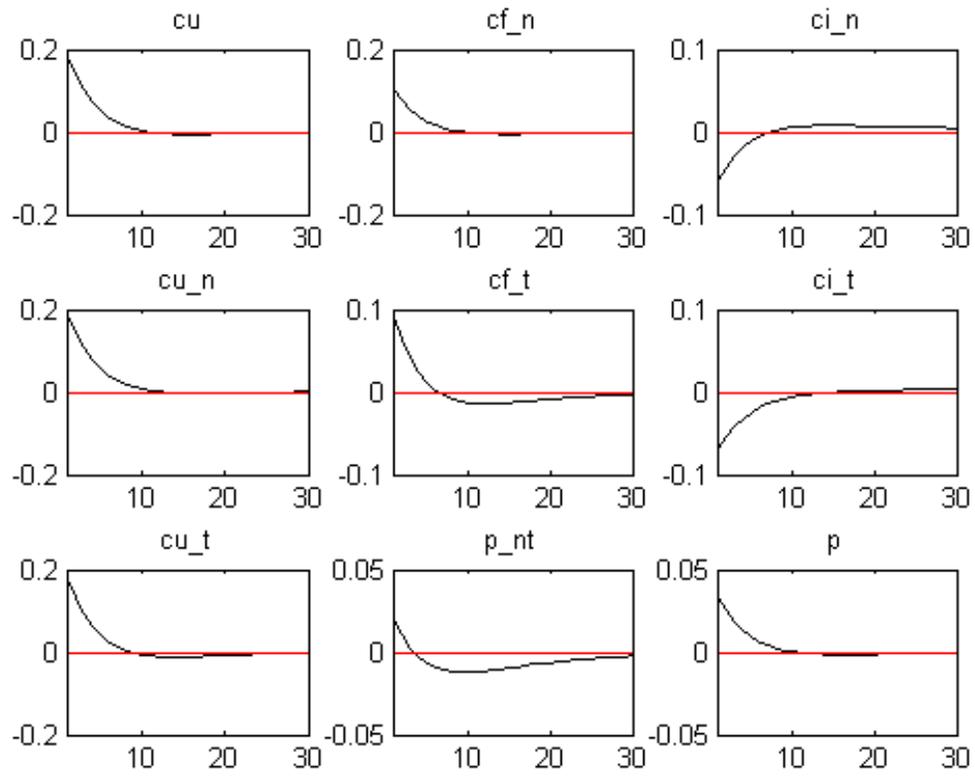


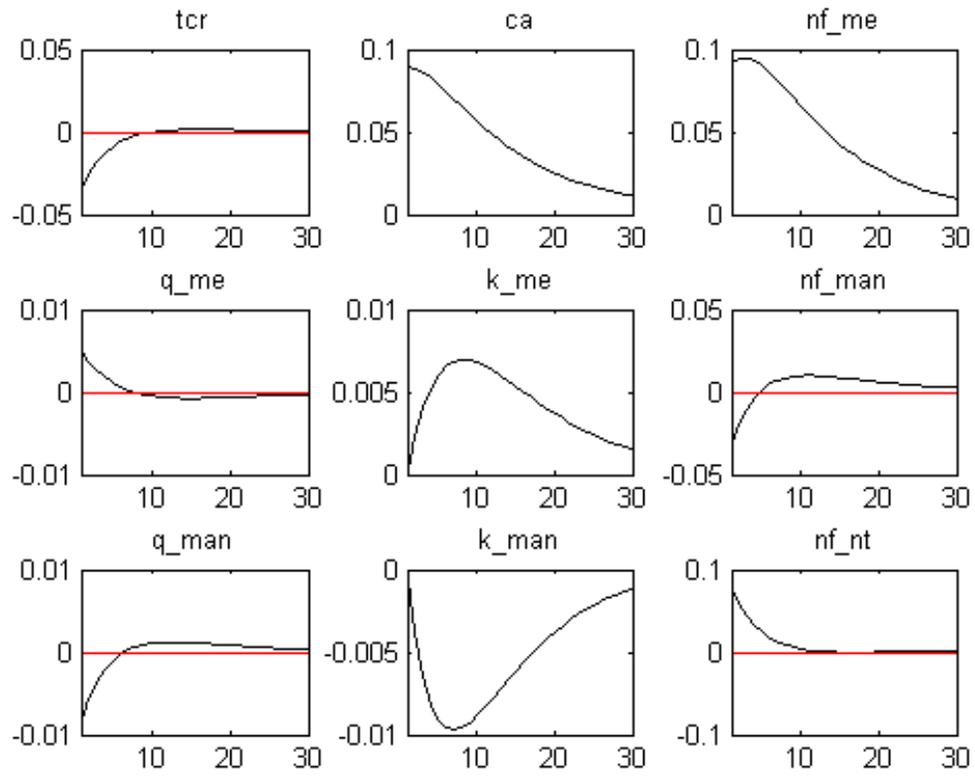


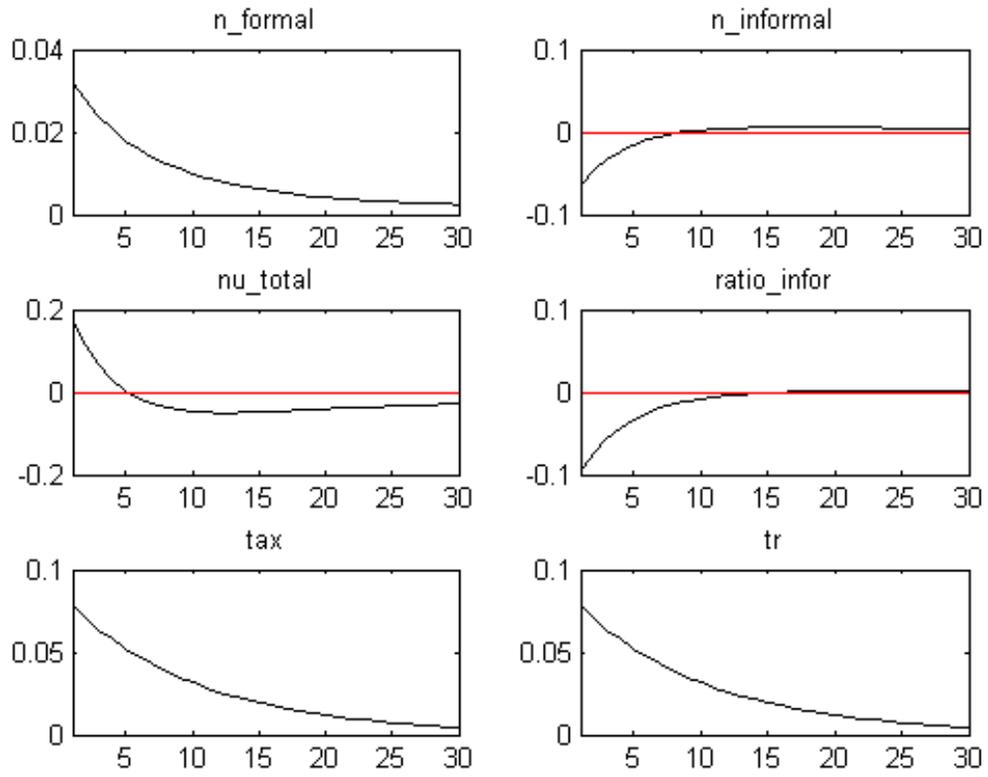
## Anexo 1.2. Choque positivo al precio internacional del petróleo

Figura 14: Funciones de impulso-respuesta ante un choque positivo (10%) al precio internacional del petróleo









**Anexo 2. Número de Ocupados por Ramas de Actividad Económica**

Figura 12: Número de Ocupados por Ramas de Actividad Económica. Fuente: DANE.

