



Munich Personal RePEc Archive

**The combination of gravity and welfare approaches for evaluating the solar transition in Chile.**

Magaña, Diego

Universidad de Zaragoza

18 October 2019

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/97000/>  
MPRA Paper No. 97000, posted 18 Nov 2019 11:25 UTC

# Combinación de un enfoque de gravedad y de bienestar para la evaluación de la transición solar en Chile

Diego Magaña Inostroza

Universidad de Zaragoza

Resumen: Este trabajo realiza un vínculo entre un modelo de gravedad y un análisis de bienestar mediante una aplicación empírica a la transición energética solar en Chile. En primer lugar, se realiza una estimación econométrica mediante una ecuación de gravedad de los flujos comerciales de partes y componentes fotovoltaicos requeridos en la industria solar, a un conjunto de países con las economías más activas en el desarrollo de este sector, que permite determinar el tipo de financiamiento que están utilizando para transformar sus matrices energéticas. En segundo lugar, se realiza un análisis de bienestar que combina la información entregada por la ecuación de gravedad en un modelo de equilibrio parcial para cuantificar el bienestar generado por las situaciones que se proyectan a medio plazo en la industria energética solar en Chile, considerando el costo de financiamiento.

La ecuación de gravedad nos indica que tanto las medidas arancelarias como las no arancelarias impactan de distinta manera en los flujos comerciales de la industria solar y, por otro lado, tanto la inversión extranjera directa, como otras inversiones están influyendo de manera positiva y con una alta significatividad estadística en el desarrollo energético solar. Luego, el análisis de bienestar aplicado a la transición energética en Chile, nos indica que, al optar por un financiamiento determinado, existirá un bienestar positivo, tanto para el demandante (Chile) como para el oferente (China), a excepción de que no se pueda satisfacer la demanda proyectada por Chile. Finalmente, concluimos que la transición energética planteada es beneficiosa en cuanto al bienestar nacional e internacional, pero creemos que la extensión de un análisis de este tipo debe incluir los ahorros generados por la reducción en las importaciones de los combustibles fósiles, así como también, la cuantificación de los beneficios adicionales medioambientales y de salud que genera el optar por el desarrollo de la energía solar.

**Abstract:** This work links a gravity model and a welfare analysis through an empirical application to the solar energy transition in Chile. First of all, an econometric estimation is made using a gravity equation of the commercial flows of photovoltaic parts and components required in the solar industry to a group of countries with the most active economies in solar industry, which allows to determine the type of financing what that are using to transform their matrix energy. Secondly, a welfare analysis is carried out that combines the information provided by the gravity equation in a partial equilibrium model to quantify the welfare generated by the situations that are projected in the medium term in the solar energy industry in Chile, considering the financing cost.

The gravity equation indicates that both tariff and non-tariff measures have a different impact on the commercial flows of the industry and, on the other hand, both foreign direct investment and other investments are influencing positively and with high statistics significance on solar energy development. Then, the welfare analysis applied to the energy transition in Chile, indicates that, by opting for a specific financing, there will be a positive welfare, not just for the applicant (Chile), but also for the offered (China), allowing the exception in case of Chile's demand could not be satisfied. Finally, we conclude that the proposed energy transition is beneficial in terms of national and international welfare, but we believe that the extension of such analysis should include the savings generated by the reduction in fossil fuel imports, as well as the quantification of the additional environmental and health benefits generated by opting for the development of solar energy.

**Palabras Claves:** Ecuación de gravedad, Análisis de bienestar, Modelo gravitatorio, Econometría, Energía Solar, Transición solar, Chile.

**JEL Classification:** D6, D60, F10, F14, F18, Q4.

## **1. Introducción**

La gran mayoría de los países se han planteado la necesidad de realizar cambios en el desarrollo de sus economías, optando por vías sostenibles que consideren la creciente presión sobre los recursos naturales generada por la incorporación de millones de nuevos consumidores a los mercados, a la dependencia de los combustibles fósiles para la producción de energía y al impacto negativo que produce en el cambio climático por la acumulación de los gases de efecto invernadero.

La comprensión por parte de la sociedad de la problemática medioambiental generada por un modelo energético incompatible con la naturaleza y la salud, está llevando a los países a adoptar acuerdos internacionales e impulsar políticas de descarbonización y fomento de las energías renovables, produciendo un cambio en las matrices energéticas de cada país.

Este proceso de transición energética a nivel mundial constituye un desafío importante desde un punto de vista medio ambiental, tecnológico y económico, que requiere ser tratado como un proceso prioritario, transformándose en una oportunidad de crecimiento y aumento de bienestar que permita el progreso económico y social de manera sostenible mediante una relación simbiótica entre el medio ambiente y la sociedad.

En este contexto, Chile, se propuso dar un giro en su matriz energética hacia fuentes renovables y, aprovechando sus características geográficas, apuesta firmemente por el desarrollo de la energía solar, en particular, por la creación de proyectos solares fotovoltaicos que permitan la generación eléctrica para satisfacer su demanda energética a largo plazo, considerando los acuerdos internacionales a los que se ha suscrito, así como también, las ambiciosas metas energéticas impuestas que buscan generar al menos un 70% de la energía eléctrica a partir de energías renovables y el cierre gradual de las centrales termoeléctricas en base a carbón, las cuales han sido constantemente rechazadas por la opinión pública debido a la contaminación que generan y a la concientización de la sociedad chilena sobre las problemáticas medio ambientales.

Esta inminente transición energética implicará una gran cantidad de flujos comerciales, los cuales se pueden ver afectados por diferentes variables que interactúan entre sí y pueden ser relevantes a la hora de concretar los objetivos energéticos, además, este importante volumen comercial que se vislumbra a medio plazo debe ser financiado de alguna manera, teniendo un impacto en el bienestar que puede ser cuantificado mediante un enfoque analítico.

El objetivo de este estudio es realizar una estimación de los flujos comerciales asociados a partes y componentes requeridos en la construcción de proyectos solares fotovoltaicos, así como determinar qué forma de financiamiento se está considerando a la hora de desarrollar la transición energética, para lo cual se aplicará una ecuación de gravedad a un panel de datos compuestos por los 35 países miembros de la Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE) y China, siendo las economías más activas en el desarrollo de la transición solar, en un periodo comprendido entre los años 2000-2016. En este modelo se estima la influencia de los diferentes tipos de inversión que financian las importaciones de partes y componentes fotovoltaicos asociados a la transición solar en el panel de datos OCDE-China.

Por otro lado, un segundo objetivo es realizar un análisis de bienestar, con un enfoque de equilibrio parcial, que combine las estimaciones obtenidas del modelo de gravedad en diferentes escenarios de oferta y financiamiento. Para ellos, se calibrarán las funciones de demanda de importaciones de partes y componentes fotovoltaicos de Chile y la oferta internacional de los mismos por parte de China, principal proveedor de celdas fotovoltaicas a nivel mundial, a partir de los datos reales de comercio entre ambos países y de las estimaciones existentes de sus elasticidades de oferta y demanda. Se cuantificarán las cantidades y precios en cada equilibrio, y se estimarán las necesidades de financiación en cada uno de ellos, a partir de los coeficientes obtenidos en la estimación del modelo de gravedad.

Este estudio se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, se presentan antecedentes de la situación planteada. La segunda sección presenta una breve revisión bibliográfica junto con la metodología referida a la ecuación de bienestar y el análisis de bienestar. La tercera sección presenta los datos utilizados. La aplicación del modelo gravitatorio y el análisis de bienestar se muestran en la cuarta sección. La última sección concluye.

## **2. Antecedentes**

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), en la conferencia realizada el año 2012 en Rio de Janeiro, Brasil, trabajó en la creación de un conjunto de objetivos relacionados a temáticas medioambientales, políticas y económicas con las cuales se enfrenta el planeta en nuestros tiempos. Estos puntos, denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fueron adoptados por todos los Estados miembros de la organización en 2015, como una forma de actuar frente a la pobreza y los problemas medioambientales, de modo que se garantice que todas las personas vivan en un entorno pacífico y próspero en el año 2030.

La propuesta de estos 17 objetivos de desarrollo sostenible constituye un esfuerzo por continuar la iniciativa mundial impulsada en el año 2000, por la misma ONU y sus Estados miembros, de combatir la extrema pobreza, la prevención de enfermedades y expandir la educación primaria universal a todos los niños, en los denominados Objetivos de desarrollo del Milenio (ODM), con un plazo a 2015. A pesar de que estos últimos lograron grandes avances en la reducción de la pobreza, acceso al agua y sanidad, disminución de mortalidad infantil, acceso a la educación, entre otros, aún hay millones de personas en todo el mundo que no han podido mejorar sus condiciones de vida, por lo que se crearon estos nuevos objetivos, los cuales continúan con este trabajo, pero toman en cuenta los aprendizajes del proceso anterior, incorporando con urgencia la igualdad de género para erradicar la pobreza y el desarrollo sostenible para que nuestros recursos naturales sean gestionados de forma consciente y eficiente, convirtiéndose en una gran oportunidad para el beneficio de las generaciones futuras.

Ahora, dentro de este nuevo marco para mejorar el bienestar social a nivel mundial, la energía cumple un rol fundamental, siendo el séptimo objetivo planteado por la ONU, denominado “Energía asequible y no contaminante” el cual está enfocado en extender la infraestructura y mejorar la tecnología para contar con energía limpia en todos los países en desarrollo, para fomentar el crecimiento económico y ayudar al medio ambiente, reduciendo las emisiones de carbono a la atmósfera, así como mejorando la eficiencia energética.

Debido a que existe una gran cantidad de población a nivel mundial que aún no tiene acceso a electricidad y, que el sector energético es uno de los grandes contribuyentes del cambio climático, generando cerca de un 60% de las emisiones mundiales de gases efecto invernadero, es que el objetivo 7 se impone como metas garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos, aumentar considerablemente la

proporción de energía renovable en las fuentes energéticas, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética, aumentar la cooperación internacional en cuanto a investigación y la tecnología relacionada a fuentes renovables y eficiencia y, promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias, todo esto con un horizonte temporal al 2030.

Ante este escenario, el Estado de Chile, en el año 2015, dentro de una estrategia mayor de desarrollo económico y social y, atendiendo las necesidades energéticas y medioambientales del país, se alinea con el séptimo ODS de la ONU y promueve una agenda a largo plazo denominada “Energía 2050” que se sostiene en cuatro pilares fundamentales que permitirían un desarrollo sostenible de la industria energética en el país: Seguridad y calidad de suministro, Energía como motor de desarrollo, Energía compatible con el medio ambiente y, Eficiencia y educación energética. De estos pilares es posible destacar algunas metas relevantes para este estudio en particular y que podrían cambiar por completo la matriz energética de Chile en pos de la obtención de energía eléctrica limpia y competitiva, convirtiendo al país en un polo de desarrollo energético importante debido a sus favorables condiciones naturales y al sector energético en un motor para la economía. Las metas más relevantes serían las de generar al menos un 60% de la energía eléctrica a partir de fuentes renovables y la reducción de al menos un 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2035, así como la interconexión del sistema eléctrico nacional con otros países para aprovechar las oportunidades de intercambio de los excedentes de electricidad.

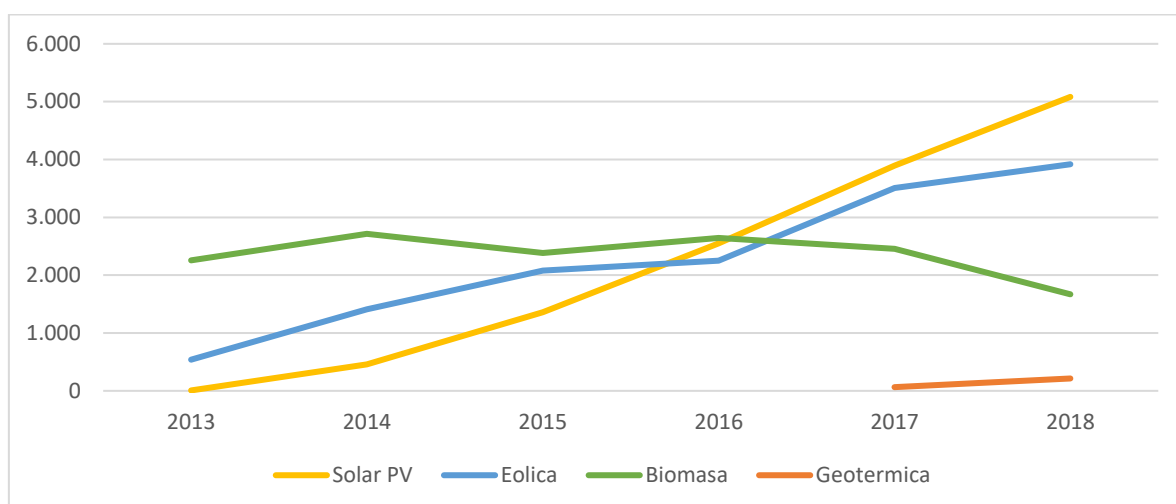
Se proyecta que estos cambios traerían un importante aumento del bienestar social debido al beneficio obtenido por el desarrollo de la industria de la energía, mediante la generación de riqueza y nuevos puestos de trabajo de calidad de manera directa e indirecta, importantes flujos de comercio debido a la nueva infraestructura necesaria, reducción de la dependencia energética respecto de terceros países, así como también, por los beneficios medioambientales generados por la reducción de los gases de efecto invernadero. A estos esfuerzos, se debe considerar el “plan de descarbonización de la matriz eléctrica” impulsado por el Estado de Chile que consiste en el cierre total de las centrales termoeléctricas en base a carbón al año 2040, las cuales hoy en día representan cerca del 40% de la generación eléctrica nacional.

Esta importante oportunidad de desarrollo impulsada por el plan “Energía 2050” y las particulares características geográficas del país están abriendo las puertas al desarrollo de una gran cantidad de proyectos solares fotovoltaicos. El Desierto de Atacama, con más de 105.000 km<sup>2</sup> de superficie, extendiéndose por 5 regiones del país, se caracteriza por ser la zona más árida y con mayor radiación solar del mundo, siendo el escenario óptimo para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica a gran escala, teniendo un potencial tan alto que se estima que si se llegara a explotar tan solo el 5% de su capacidad podría satisfacer a todo Chile con electricidad.

En este contexto de auge de la generación de electricidad a partir de fuentes renovables las cifras son claras y muestran la relevancia que ha ido tomando en los últimos años. En el año 2015, de acuerdo a los datos entregados por las Generadoras de Chile, un 58,6% de la energía eléctrica se generaba a partir de fuentes fósiles, en donde destaca el carbón con un 40% y el gas natural con un 15,5%, y un 41,4% se genera en base a fuentes renovables en donde la fuente más importante corresponde a la energía hidráulica con un 33,3%, la cual es considerada como una energía renovable convencional y que en estos tiempos se considera indeseada debido a las profundas alteraciones que genera en el entorno en donde se instala la infraestructura relacionada a ella. Solo un 8,1% de la energía eléctrica se generaba a partir de fuentes renovables no convencionales, específicamente desde la energía eólica (2,9%), biomasa (3,3%) y solar fotovoltaica (1,9%). Sin embargo, la situación ha cambiado en los pocos años en los que se ha impulsado la nueva política energética, siendo protagonista las fuentes solares fotovoltaicas, las cuales pasaron de generar 7 GWh al año (0,01% del total) en 2013 a generar 5.083 GWh al año en 2018 (6,66% del total) y con varios proyectos en construcción, transformando a Chile en un importante polo de desarrollo energético debido a su potencial. En el gráfico 1 es posible notar el crecimiento que está teniendo la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, en donde destaca la energía solar con un rápido crecimiento e imponiéndose sobre el resto de las alternativas renovables no convencionales.



Gráfico 1: Generación de electricidad en base a ERNC (2013-2018) (GWh)



Fuente: Elaboración propia con datos de Generadoras de Chile

Dentro de este escenario de marcado crecimiento de la industria energética solar, se han detectado algunas dificultades para llevar a cabo la agenda energética, detalladas en un informe realizado por el Ministerio de Energía de Chile en 2014, de las cuales las más relevantes para este estudio tienen relación con las dificultades de financiamiento con las que se han encontrado los diferentes actores participantes de la industria, debido a que la banca nacional exige patrimonio como garantía para la financiación de proyectos de este tipo, no permitiendo que se puedan respaldar por su propio flujo de caja proyectado, así como también, se ha encontrado con la falta de capacidad técnica de las instituciones bancarias para la evaluación de proyectos de este tipo. Por otro lado, otra de las barreras que mencionan las empresas dedicadas a esta industria es la falta de insumos a nivel regional (Zona norte del país), siendo la mayoría de los componentes utilizados para este tipo de instalaciones, productos importados, lo cual dificulta y encarece la ejecución de plantas solares a gran escala.

Es por esto que se hace interesante analizar los flujos comerciales asociados a la industria solar y las opciones de financiamiento por las que están optando las empresas dedicadas a la generación de electricidad en base a fuentes solares, de modo que sea posible tener una aproximación de qué tipo de inversión está influyendo de manera más activa en la concreción de los proyectos enfocados en el cambio de la matriz energética nacional, viendo su influencia directa en los volúmenes de comercio de las partes o componentes relacionadas a la construcción de proyectos solares, además de determinar que otro tipo de variable ejerce una influencia determinante en la concreción del objetivo propuesto por el Estado de Chile. También, se analizarán los cambios producidos en el bienestar social, considerando el gran

volumen comercial que implica la transformación de una industria por completo, en diferentes escenarios, así como analizar cómo influye en el bienestar el optar por un determinado tipo de inversión tomando en cuenta los costos asociados a dicha financiación.

### **3. Revisión de la literatura y Metodología**

#### **3.1. Ecuación de gravedad**

Con el objetivo de realizar la estimación de los flujos comerciales asociados a partes y componentes fotovoltaicos y encontrar evidencia que nos indique cómo se está financiando la actualización de las matrices energéticas hacia fuentes solares, utilizaremos como marco metodológico un modelo o ecuación de gravedad aplicada al comercio internacional, tal como se ha usado ampliamente en la literatura.

Los modelos de gravedad han sido utilizados para medir los factores asociados a los flujos comerciales bilaterales, especialmente para observar el efecto de ciertos factores como aranceles, acuerdos comerciales o, alguna otra variable que pueda explicar el comercio, sin embargo, también han sido aplicados para explicar flujos migratorios e inversiones.

Los primeros estudios económicos que tomaron como base la Ley de gravedad universal desarrollada por Newton en 1687, Tinbergen (1962), Pöyhönen (1963) y Pulliainen (1963) esbozaron, de manera independiente, una analogía con esta ley para explicar los flujos de comercio entre los países. En un principio este tipo de modelos carecía de una base teórica aplicada al comercio, siendo este un punto de críticas, sin embargo, el éxito empírico que tuvo al explicar los patrones de comercio internacional, motivó a los economistas a dotarla de fundamentos teóricos, de esta forma, la ecuación de gravedad incluyó costos de comercio como factores explicativos, así como variables de control para mejorar la estimación estadística. Fue así como Anderson (1979) presentó una base teórica para el modelo de gravedad basado en las preferencias y bienes con elasticidad de sustitución constantes (CES) que se diferencian por región de origen. Helpman y Krugman (1985), Bergstrand (1985 y 1989), entre otros, utilizan esta base teórica y concluyen que la ecuación de gravedad puede ser obtenida de diferentes modelos teóricos y agregan que esta es capaz de explicar los determinantes del comercio internacional sostenida bajo los modelos teóricos de Heckscher-Ohlin para explicar la especialización y también mediante los modelos de comercio con rendimientos crecientes a escala. Existen varios otros estudios que derivan esta ecuación

desde otros modelos económicos bajo diferentes hipótesis, por ejemplo, Deardorff (1995) demuestra que distintas teorías de comercio justifican la ecuación de gravedad. Anderson y Van Wincoop (2004), por su parte, emplean una nueva especificación teórica introduciendo la resistencia multilateral al comercio como un nuevo elemento del modelo que explica las barreras existentes al comercio bilateral, las cuales dependen de las propias características del país, y de las conjuntas entre países. La incorporación de estos fundamentos teóricos a esta práctica de la teoría gravitacional permite realizar estimaciones más precisas de las relaciones que intenta describir.

La primera ecuación de gravedad básica representaba una relación entre los tamaños de las economías, interpretados como el tamaño de mercado de los países, los volúmenes de comercio y las distancias entre los países. Esta especificación, tal como la ley de gravitación, propone básicamente que los flujos comerciales bilaterales son directamente proporcionales al tamaño de las economías (la ecuación original lo representaba como el PIB) e inversamente proporcionales a la distancia entre el país de origen y destino, siendo esta última medida una variable de fricción o resistencia al comercio, ya que, intenta incluir los costos de transporte asociados a los intercambios comerciales, a mayor distancia se reduciría la demanda de importación por un aumento de precios provocado por mayores costes de transporte.

La formulación básica más utilizada de la ecuación de gravedad es la siguiente:

$$Z_{ij} = \beta_0 Y_i^{\beta_1} Y_j^{\beta_2} D_{ij}^{\beta_3} M_{ij}^{\beta_4} u_{ij} \quad (1)$$

Donde,

$Z_{ij}$  = Volumen de flujos de comercio del país i al país j.

$Y$  = Proxy para medir el tamaño de las economías, i,j.

$D_{ij}$  = Distancia geográfica entre los países o proxy de los costos asociados a los flujos de comercio entre países (i,j).

$M_{ij}$  = Vector de variables que busca absorber otros factores que causen ya sea resistencia o propensión al comercio bilateral.

$u_{ij}$  = Error aleatorio (Distribución normal y media cero).

$\beta_0$  = Constante.

Sin embargo, nos basaremos en la ecuación estructural de gravedad propuesta por Anderson y Van Wincoop (2004), que se expresa de la siguiente manera:

$$x_{ij} = \frac{y_i y_j}{y^W} \left( \frac{\tau_{ij}}{\pi_i P_j} \right)^{1-\sigma} \quad (2)$$

En este caso,  $X_{ij}$  corresponde a los flujos de comercio o importaciones del país  $j$  procedentes del exportador  $i$ ,  $y^W$  es la renta mundial,  $\tau_{ij}$  representa las fricciones o costes del comercio entre los países  $i$  y  $j$ .  $\pi_i$  y  $P_j$  corresponden a los términos de resistencia multilateral.  $\sigma$  es la elasticidad de sustitución, que para el caso de la renta se suele suponer que tienen elasticidades unitarias. Generalmente, se utiliza la expresión en términos de logaritmos con el supuesto de elasticidad unitaria en las variables renta:

$$\ln x_{ij} = \ln y_i + \ln y_j - \ln y^W + (1 - \sigma) \ln \tau_{ij} - (1 - \sigma) \ln \pi_i - (1 - \sigma) \ln P_j + k + u_{ij} \quad (3)$$

Anderson y Van Wincoop (2004) aproximan los términos de resistencia multilateral mediante efectos fijos, lo cual trae ventajas en la estimación de datos de panel, como lo será en este caso, ya que entrega una estimación de los parámetros consistente, pues el parámetro muestral estimado coincide con el parámetro poblacional, lo cual se logra mediante el control de variables omitidas que pudiesen sesgar las estimaciones, además, permite la incorporación de dummies temporales, junto con otros efectos que puedan influir en los flujos comerciales.

Una propiedad importante de este tipo de modelos es que se puede aplicar a cualquier par de países y que permite agregar a la ecuación cualquier otro tipo de variable que pueda ser explicativa de los flujos comerciales, como podrían ser variables relacionadas a la población, cercanía sociocultural, migraciones, relaciones políticas, infraestructura o, a variables como barreras comerciales, técnicas o arancelarias, tratados de comercio, acuerdos de cooperación y la inversión. Por tanto, el éxito del modelo de gravedad se debe a la capacidad que tiene de poder incorporar fenómenos empíricos que se observan comúnmente en el comercio internacional, intentando captar el componente no explicado por los determinantes clásicos.

### **3.2. Análisis de bienestar**

En cuanto al análisis de bienestar, nos basaremos en el trabajo realizado por Beghin et al. (2012), así como también en el trabajo realizado por Disdier y Marette (2010), los cuales muestran un camino para analizar el impacto de medidas no arancelarias en el comercio y bienestar en presencia de imperfecciones del mercado. Básicamente, se trata de un modelo de equilibrio parcial, con relaciones de oferta y demanda, que se puede calibrar a datos empíricos permitiendo realizar cálculos del impacto de políticas comerciales en el bienestar

económico. Según los autores, este enfoque supera las deficiencias del enfoque clásico basado en el análisis de comercio perdido a causa de los costes comerciales, ya que este último ignora las imperfecciones del mercado. A pesar de que el estudio en cuestión se enfoca principalmente en el impacto de medidas no arancelarias estándar, este análisis puede ser extendido a otros instrumentos de política comercial, como impuestos, cuarentenas, autorizaciones de mercado, entre otros. La elección del marco teórico planteado es debido a que el trabajo realizado por los autores corresponde a una de las primeras aproximaciones que combinan los enfoques de gravedad y de bienestar en un contexto de equilibrio parcial, ya que, según los mismos, se había ignorado el vínculo potencial de estas metodologías desde un punto de vista teórico.

A pesar de que este estudio ha considerado el marco teórico propuesto por los autores Disdier y Marette, también ha tomado en cuenta ciertas modificaciones a partir de una función de utilidad de un consumidor representativo en el caso de la demanda y una función de beneficio de un productor extranjero en el caso de la oferta, ya que tienen focos diferentes debido a la naturaleza de los bienes en estudio y a que se analizará el mercado de paneles solares en un país en donde no existe una oferta doméstica, sino que solo una oferta extranjera. Por esto, no existiría sustituibilidad entre los productos nacionales e internacionales, además, no se considera un daño esperado por contaminación como se hace en el trabajo de los autores mencionados. También se considerará que todos los productos extranjeros ingresan al mercado nacional pues no existen regulaciones. En base a esto, la calibración del modelo se realiza de la siguiente manera:

### **Calibración de la oferta**

Siendo  $Q^S = \frac{p^S}{d} - \frac{c}{d}$  (4), una función de oferta de exportaciones de un país, donde  $Q^S$ : Volumen de exportaciones (paneles y celdas solares) y  $P^S$ : Precio unitario de exportación. En este caso, la elasticidad precio de oferta viene dada por la siguiente expresión:

$$\varepsilon_p = \frac{\partial Q^S}{\partial P^S} * \frac{P^S}{Q^S} = d * \frac{P^S}{Q^D} \quad (5)$$

Donde  $\varepsilon_p$  es la elasticidad precio oferta. Luego,

$$d = \frac{P^S}{\varepsilon_p Q^S} \quad (6)$$

Desde donde obtenemos,

$$c = P^S \left(1 - \frac{1}{|\varepsilon_p|}\right) \quad (7)$$

### Calibración de la Demanda

Siendo  $Q^D = \frac{a}{b} - \frac{p^D}{b}$  (8), una función de demanda del país importador, donde  $Q^D$ : Volumen de importaciones (paneles y celdas solares) y  $P^D$ : Precio unitario de importación. Luego, la elasticidad precio demanda, por definición es:

$$\varepsilon_p = \frac{\partial Q^D}{\partial P^D} * \frac{P^D}{Q^D} = \frac{-1}{b} * \frac{P^D}{Q^D} \quad (9)$$

donde  $\varepsilon_p$  es la elasticidad precio demanda. Luego,

$$b = \frac{P^d}{\varepsilon_p Q^D} \quad (10)$$

desde donde obtenemos,

$$a = P^D \left(1 + \frac{1}{|\varepsilon_p|}\right) \quad (11)$$

### Equilibrio

Para obtener el equilibrio entre la oferta y demanda se deben igualar las curvas de modo que el análisis permita calcular los valores de equilibrio, así como incorporar instrumentos de política comercial o variaciones en la oferta o demanda que puedan afectar de alguna manera el comercio y por ende el bienestar de las personas. De esta manera será posible realizar un análisis de bienestar que mida el impacto de alguna variación en el mercado, en este caso se reflejará un equilibrio mediante la aplicación de un shock en la demanda. Ante esto, la función de demanda queda de la siguiente manera:

$$Q^D = \frac{a+t}{b} - \frac{p^D}{b} \quad (12)$$

siendo  $t$  el impuesto distorsionador o en este caso el costo de financiamiento. La función de oferta queda sin modificaciones:

$$Q^S = \frac{p^S}{d} - \frac{c}{d} \quad (13)$$

La igualación de estas ecuaciones permite obtener el precio de equilibrio en la siguiente expresión:

$$P = \frac{(a+t)d+bc}{b+d} \quad (14)$$

Y finalmente, reemplazando se obtiene la cantidad de equilibrio en la nueva situación:

$$Q = \frac{a+t-c}{b+d} \quad (15)$$

Ante esto, es posible incorporar en este análisis de bienestar las opciones de financiamiento que ofrece el mercado para llevar a cabo los proyectos solares necesarios para el cambio de sus matrices energéticas, de modo que nos entregue una aproximación de cómo impacta un determinado tipo de financiación en el bienestar social, esto considerando los costos asociados a financiamiento externo como lo podría ser una tasa de interés como costo de un crédito.

Una vez que se determine que el impacto del financiamiento es estadísticamente significativo, el análisis de gravedad, expuesto anteriormente, se puede integrar en un modelo calibrado mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta\% \text{ Valor importaciones} = \beta * \Delta\% \text{ Inversión} \quad (16)$$

Siendo  $\beta$  el coeficiente de elasticidad entregado por el modelo de gravedad asociado a la variable de financiamiento significativa estadísticamente. Si la medida relacionada al financiamiento no tuviera un impacto significativo estadísticamente, no aplicaría realizar un análisis de bienestar.

### **3.3. Especificación del modelo para las importaciones de partes y componentes fotovoltaicos**

Para determinar cómo están financiando los países el cambio en sus matrices energéticas, así como el que impacto genera el tipo de financiamiento en el comercio, se analizarán variables relevantes que empíricamente han demostrado ser determinantes en las variaciones de los flujos comerciales. Esto se realizará para un grupo de bienes específicos que tiene directa relación con el cambio de matriz energética a una menos contaminante, las celdas y paneles solares, principal componente utilizado en la generación de electricidad mediante energía del sol. En este caso, plantearemos la ecuación de gravedad utilizando datos de panel de los 35 países pertenecientes a la OCDE, debido a que en este grupo de países se encuentran los mayores productores de energía solar y, China, que además de ser el principal productor de energía solar a nivel mundial, teniendo a finales de 2017 una capacidad solar instalada de 130,3 GW, también es un importante actor en el desarrollo de tecnología y la

fabricación de componentes utilizados en la industria solar, manteniendo programas de fomento de innovación y desarrollo que impulsan la mejora y eficiencia de las celdas y paneles solares que fabrica (Programas Top Runner y Super Top Runner).

El periodo en estudio comprende un intervalo entre los años 2000 a 2016, último año para el cual se dispone del conjunto de datos completos necesarios para la explicación de los flujos comerciales desde nuestra visión. El modelo utilizado presenta diferencias con respecto a la especificación teórica, pues sustituye la tradicional variable PIB, por la generación eléctrica a partir de fuentes solares (SEG), medida que, en este caso, representa el tamaño de cada país, desde el punto de vista de la generación eléctrica solar, que es el foco de este estudio.

El modelo buscará ver el efecto de resistencias específicas sobre los flujos comerciales de los bienes relacionados con la industria solar, específicamente, el flujo bilateral entre los miembros de la OCDE y China, así como el impacto generado por diferentes tipos de inversiones, de modo que nos entregue una aproximación de las fuentes de financiamiento que están detrás de la implementación de proyectos solares en pos de un cambio en las matrices energéticas de los países.

La especificación del modelo se muestra en la ecuación 17:

$$M_{iCNA} = \beta_1 SEG_{it} + \beta_2 SEGCNA_{CNA_t} + \beta_3 t_{it} + \beta_4 MA_{it} + \beta_5 OTC_{it} + \beta_6 CRS_{it} + \beta_7 P_{it} + \beta_8 PCNA_{CNA_t} + \beta_9 DI_{it} + \beta_{10} OI_{it} + año_t + a_i + u_{it} \quad (17)$$

Donde  $M_{iCNA}$  es el valor de las importaciones del grupo de bienes relacionados a las celdas y paneles fotovoltaicos (HS854140 de acuerdo al sistema armonizado) compradas desde China por el país  $i$ , en miles de dólares.  $SEG_{it}$  es la generación de electricidad a partir de fuentes solares del país  $i$  en el año  $t$ , GWh.  $SEGCNA_{CNA_t}$  es la generación de electricidad a partir de fuentes solares de China en el año  $t$ , dada en GWh.  $t_{it}$  corresponde al arancel aplicado a las importaciones del grupo de bienes HS854140, %.  $MA_{it}$  y  $OTC_{it}$  son barreras no arancelarias correspondientes a variables dicotómicas, que respectivamente son Medidas antidumping (MA) y Obstáculos técnico al comercio (OTC) aplicados por el país  $i$  en el año  $t$ .  $CRS_{it}$  corresponde a una dummy que controla los años de la crisis financiera global del periodo 2008-2012.  $P_{it}$  población país  $i$  en año  $t$ .  $PCNA_{CNA_t}$  población China en año  $t$ .  $DI_{it}$  corresponde a la Inversión extranjera directa en el país  $i$  en el año  $t$ .  $OI_{it}$  son las Otras inversiones realizadas en el país  $i$  en el año  $t$ .  $año_t$ ,  $a_i$  y  $u_{it}$  son, respectivamente, las



dummies temporales, los efectos fijos para el país  $i$  y el término de error de la observación  $it$ .

Al igual que en el trabajo de Anderson y Van Wincoop (2004) se restringen los coeficientes de las variables SEG y SEGCNA a la unidad, además trabajamos con la forma logarítmica de la ecuación, tal como se suele utilizar en los trabajos relacionados a modelos gravitacionales de comercio, debido a que una escala logarítmica tiende a reducir los problemas de heterocedasticidad, llevar los datos a una escala lineal y los coeficientes estimados pueden interpretarse como elasticidades.

#### **4. Datos**

Al tratarse de una ecuación de gravedad que busca explicar los flujos comerciales relacionados a la industria solar que se dan entre China y los países de la OCDE, se utiliza como variable dependiente una medida que representa el valor de las importaciones del grupo de bienes relacionados a celdas y paneles fotovoltaicos (HS854140), obtenida desde la base de datos COMTRADE de la ONU, la cual está expresada en miles de dólares. Por otro lado, para representar una medida idónea del tamaño de mercado, se optó por no utilizar la variable clásica usada en la mayoría de los estudios, como lo es el PIB per cápita, sino, que se utilizó una medida concreta relacionada a la generación de electricidad a partir de fuentes solares de los países en estudio, de forma que entregue una mejor aproximación al tamaño del mercado de generación eléctrica solar (MSEG), esta viene representada en GWh y los datos fueron obtenidos desde la base de datos de la “International Energy Agency” o IEA.

En los estudios de flujos comerciales se suele utilizar la inversión como una variable explicativa importante y como en este estudio un objetivo es determinar cómo los países están financiando los cambios en sus matrices energéticas, incorporarla es fundamental para determinar si está influyendo de alguna manera en un aumento de los proyectos solares y, por ende, de los flujos comerciales entre los países de la OCDE y China. Específicamente, utilizaremos dos clasificaciones de inversión que publica el Fondo Monetario Internacional en la balanza de pagos para cada país, la inversión extranjera directa (DI) y otras inversiones (OI). La primera (DI) es definida como la inversión internacional realizada por una entidad residente en una economía con el objetivo de establecer un interés duradero, es decir, establecer una relación a largo plazo entre el inversor directo y la empresa en un grado

significativo de influencia en la gestión de esta, en una economía distinta a la del inversor. El segundo tipo de inversión (OI) corresponde al resto de las inversiones, no relacionadas a inversores directos extranjeros, dentro de las cuales se incluye la financiación bancaria.

Para este estudio en particular, se incorporarán diferentes variables explicativas que se suelen utilizar como barreras al comercio y que podrían ser relevante a la hora de evaluar los determinantes de los flujos comerciales, ya que se trata de medidas adoptadas por los países con el objetivo de proteger a las industrias nacionales, obstaculizando las importaciones de bienes. Dentro de la actividad comercial bilateral relacionada a cualquier tipo de bien, existen fricciones comerciales generadas por la aplicación de políticas comerciales que interfieren en las negociaciones de los bienes e influyen en los volúmenes de comercio, las cuales están identificadas por la Organización Mundial del Comercio (OMC) como medidas arancelarias que, son básicamente los aranceles que aplican los países a determinados bienes y, por otro lado, las medidas no arancelarias, las cuales corresponden a políticas que no toman la forma de un arancel pero por su naturaleza restringen el comercio.

Para el caso de las barreras arancelarias, utilizamos los aranceles a la importación de paneles solares que imponen los países de la muestra a China (t), obteniendo los datos desde Trade Analysis Information System (TRAINS) proporcionados por la UNCTAD, cabe recordar que para identificar las partes y componentes de las celdas o paneles solares utilizamos la clasificación arancelaria de 6 dígitos creada por la Organización Mundial de Aduanas, que agrupa a los componentes utilizados en la industria solar en el grupo 854140 – “photosensitive semi-conductor devices, including photovoltaic cells whether or not assembled in modules or made up into panels; light emitting diodes”. Los aranceles incorporados al panel muestran datos escasos, solo para 3 países y por intervalos de tiempo reducidos. Por ejemplo, para nuestra muestra de 36 países en un periodo de estudio entre los años 2000 y 2016, solo Australia y Hungría aplicaron un arancel, específicamente en el año 2000, al grupo de bienes 854140. El país con mayor prolongación y variación en cuanto a la aplicación de aranceles es Chile, quien muestra diferentes tasas arancelarias, no mayores al 9%, en el periodo 2000-2016.

En cuanto a las barreras no arancelarias, se consideraron como variables relevantes los obstáculos técnicos al comercio (OTC) y las medidas antidumping (MA), debido a que son las únicas medidas no arancelarias aplicadas a este tipo de bienes. Estos datos fueron obtenidos desde la base de datos de la Organización Mundial de Comercio (OMC).

Los obstáculos técnicos al comercio (OTC), entendidos como medidas adoptadas por un gobierno para establecer normativas con el objetivo de conseguir alguna política pública relacionada a la salud, inocuidad de productos, medio ambiente, información al consumidor o a la calidad, fueron incorporados a la ecuación para capturar el efecto provocado por medidas que pueda incidir en la calidad o funcionalidad del producto y, por tanto, afectar sus flujos comerciales. En este caso se utilizó una variable dicotómica que toma valores 1, cuando un país determinado cuenta con alguna OTC en un año en específico para el grupo de bienes 854140, y valores 0 cuando ocurre lo contrario. En este caso, del total de la muestra de países, solo 3 aplicaron un obstáculo técnico a las importaciones de este tipo de bienes desde China: Corea del Sur, Suiza y Estados Unidos.

Por otro lado, también se incorporó al estudio, como una medida de fricción comercial, las medidas antidumping (MA), debido a que desde el año 2013 la Unión Europea implemento medidas antidumping sobre las celdas y paneles solares fotovoltaicos provenientes de China por evidenciarse que se vendían a un precio inferior al de su producción e impactaban en la competitividad de la industria fotovoltaica europea, por lo que parece necesario incorporar esta barrera no arancelaria al estudio, ya que la Unión Europea comprende varios de los países de nuestra muestra, así como también se detectó una medida antidumping (MA) aplicada al grupo de bienes 854140 impuesta por Canadá. Esta variable dicotómica fue incorporada al estudio tomando valor 1 cuando un país, en un determinado año, tenía aplicada una medida antidumping al grupo de bienes que incluye a las celdas solares, y toma valor 0 cuando ocurre lo contrario.

Tomando en consideración la crisis financiera (CRS) ocurrida en 2008 que afecto en gran medida a una proporción importante de países a nivel mundial, especialmente los europeos y norteamericanos, se utilizó una variable dicotómica que nos permita controlar los efectos de la crisis en los flujos comerciales en su periodo de vigencia, desde el 2008 al 2012, la cual tomará valores 1 en dichos años y 0 en años distintos.

Finalmente, se incluye la población del país importador (P) y exportador (PCNA) para determinar la relevancia del tamaño de las economías a la hora de explicar los flujos comerciales entre ambos países y, también se pretende controlar otros efectos anuales que pueden influir en los flujos comerciales, mediante dummies temporales que capturen estos efectos específicos en el tiempo.

## **5. Resultados**

### **5.1. Ecuación de gravedad**

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para el panel de datos de las 36 economías de la OCDE y China, durante el periodo 2000-2016. Primero, se presentan las estimaciones obtenidas en la ecuación de gravedad planteada, pero considerando en un principio, una ecuación básica para luego incorporar variables hasta plantear el modelo final especificado. Al tratarse de datos de panel, es decir una combinación de datos de sección transversal y series de tiempo, se realiza la estimación mediante un modelo estático bajo un enfoque de efectos fijos, reconociendo la influencia de cada país, con el paso del tiempo, sobre la variable dependiente. Esto es validado por un Test de especificación de Hausman realizado al modelo, el cual rechaza la hipótesis nula a favor de la consistencia de los estimadores mediante efectos aleatorios y, por tanto, que la estimación del modelo bajo efectos fijos es consistente.

A continuación, se muestran los principales resultados de las estimaciones realizadas para las distintas ecuaciones planteadas, comenzando desde una estimación de una ecuación de gravedad básica hasta la estimación del modelo especificado anteriormente en la ecuación 17.

Tabla 1: Estimaciones de la ecuación de gravedad para 36 países en el periodo 2000-2016

<b>MSEG</b>	<b>Modelo 1</b>		<b>Modelo 2</b>		<b>Modelo 3</b>		<b>Modelo 4</b>		<b>Modelo 5</b>		<b>Modelo 6</b>	
<b>TAU</b>	14,980		15,070		14,927		14,920		14,472		16,500	
	(0,462)		(0,450)		(0,454)		(0,454)		(0,453)		(0,388)	
<b>MA</b>			-1,278	***	-1,369	***	-1,369	***	-1,268	***	-1,135	***
			(0,000)		(0,000)		(0,000)		(0,000)		(0,000)	
<b>OTC</b>					-0,529		-0,529		-0,816		-0,767	
					(0,384)		(0,384)		(0,167)		(0,189)	
<b>DI</b>									1,642	***	1,665	***
									(0,000)		(0,000)	
<b>OI</b>											0,934	***
											(0,004)	
<b>P</b>	13,800	***	10,610	***	10,440	***	10,440	***	5,578	**	6,024	**
	(0,000)		(0,000)		(0,000)		(0,003)		(0,048)		(0,031)	
<b>PCNA</b>	-185,045	***	-181,338	***	-174,980	***	-174,985	***	-176,769	***	-183,517	***
	(0,002)		(0,002)		(0,003)		(0,003)		(0,002)		(0,001)	
<b>CRS</b>							0,401		0,386		0,236	
							(0,710)		(0,712)		(0,820)	
<b>Constante</b>	3654,510	***	3631,145	***	3500,390	***	3500,390	***	3598,244	***	3720,240	***
	(0,003)		(0,003)		(0,004)		(0,004)		(0,002)		(0,001)	
<b>Time dummies</b>	Si		Si		Si		Si		Si		Si	
<b>R-square</b>	0,890		0,895		0,895		0,895		0,903		0,905	
<b>Test de Hausman</b>	0,165	RE	0,984	RE	0,996	RE	0,996	RE	0,029	FE	0,004	FE
<b>estad</b>	23,690		8,210		7,320		7,320		34,930		43,950	
<b>F (chi-sq)</b>	167,930		166,500		158,110		158,110		161,810		158,010	
<b>N° de obs</b>	423,000		423,000		423,000		423,000		417,000		417,000	

Variables en LOG

\* p-valor<0.1 \*\* p-valor<0.05 \*\*\* p-valor<0.01

Las regresiones que se muestran en la tabla 1 indican que las ecuaciones planteadas, desde la más básica hasta el modelo especificado, explican satisfactoriamente la medida que representa el mercado solar eléctrico (MSEG) de los países del panel de datos, ya que muestran un elevado ajuste que va desde un 89% a un 90,5%, así como también, la mayoría de las variables independientes utilizadas muestran una alta significatividad, incluso al 1%. Además, se puede mencionar que los coeficientes de las variables significativas del modelo están en torno a la unidad y muestran el signo esperado.

El modelo 1, siendo la ecuación más básica, solo incorporando variables como la población del importador y del exportador y una barrera arancelaria específica aplicada a la importación de los productos relacionados al desarrollo de la industria solar, muestra una primera aproximación de lo que se repetirá en el resto de los modelos. En este caso, el modelo muestra un  $R^2$  del 89% y, la población del importador (P) muestra signo positivo siendo altamente significativa (al 1%) con un coeficiente de 13,8, pudiendo ser entendido como el efecto del tamaño de mercado en el comercio internacional, lo que explicaría la relación positiva con el tamaño del mercado de la energía solar que nos muestra el ejercicio econométrico. La población del país exportador (PCNA) muestra una relación negativa y altamente significativa (al 1%), con un coeficiente bastante alto, lo cual es explicado como un “efecto absorción” por parte del mercado chino debido a la satisfacción de su alta demanda interna por su importante población, siendo el país más poblado del mundo y, a su importante mercado solar, siendo el principal productor de energía solar a nivel mundial y un actor relevante en la producción de tecnología relacionada a la industria, por tanto, primero satisface su demanda y luego exporta. Por otro lado, la medida arancelaria, relacionada a impuestos a la importación (t) de productos del grupo de bienes 854140, muestra un signo positivo con un coeficiente de 14,98, contrario a lo que se podría esperar, ya que se entiende como una barrera o fricción en el comercio internacional, sin embargo, no muestra significatividad, por lo tanto, no ejerce una influencia determinante sobre los flujos comerciales ligados al mercado solar eléctrico, esto puede estar relacionado a que en la muestra de países utilizada solo 3 países aplican aranceles a este tipo de bienes y por un periodo corto.

Por otro lado, el modelo 2 incorpora una barrera no arancelaria relacionada a las medidas antidumping (MA) en forma de variable dicotómica, las cuales se aplican como una defensa comercial utilizada por los países cuando un exportador venden un determinado bien o servicio a un precio inferior al precio corriente de mercado, medida que fue impuesta por la unión europea tal como se mencionó en el apartado de los datos. La adición de esta variable provoca pequeños cambios en el modelo, aumentando el  $R^2$  del modelo en un 0,48% con respecto al modelo básico, es decir, es de un 89,48%. El arancel solo muestra una pequeña variación en la magnitud de su coeficiente, sin embargo, sigue siendo no relevante, ya que no muestra significatividad. La población de los importadores y exportadores muestran pequeños cambios de magnitud en sus coeficientes y mantienen su significatividad al 1%. Ahora, el coeficiente de las medidas antidumping se muestra negativo, tal como se esperaría de una medida que protege la industria nacional por sobre la extranjera, restringiendo el comercio y, una magnitud de 1,27.

El modelo 3 agrega una nueva medida no arancelaria relacionada a los obstáculos técnicos al comercio (OTC) aplicados a los bienes del grupo 854140. En este caso, el  $R^2$  del modelo se mantiene, al igual que la significatividad de las variables del modelo 2 y solo se modifican las magnitudes de los coeficientes de las variables, pero en una cantidad mínima. La variable incorporada muestra signo negativo y un coeficiente de 0,52, sin embargo, no es significativa, por tanto, no tiene una relevancia importante en el modelo, esto debido a que solo 3 países aplicaron este tipo de medidas y por un periodo de tiempo corto.

El modelo 4 se hace cargo de incorporar la crisis económica sufrida a nivel mundial durante el periodo 2008-2012. Esta corresponde a una variable dicotómica con un coeficiente de 0,4 y signo positivo, pero sin mostrar relevancia en el modelo ya que no muestra una significatividad importante y no provoca alteraciones, manteniendo los coeficientes de las otras variables y su significatividad con respecto al modelo 3.

El modelo 5 incorpora la inversión extranjera directa (DI), de modo que nos permita establecer una relación entre esta variable y el desarrollo del mercado solar eléctrico. La adición de esta variable produce algunas modificaciones en cuanto al modelo anterior, ya que entrega un mayor  $R^2$  (90,32%), produce cambios en los coeficientes de las variables ya incluidas, especialmente notorio en el coeficiente de la población del importador (P), la cual

baja de 10,44 a 5,57 y además disminuye la significatividad de esta variable (al 5%). Lo interesante es que la Inversión extranjera directa (DI) se muestra altamente significativa (al 1%) con un coeficiente de 1,64 y con el signo positivo que se esperaba de una variable como esta, que fomenta el desarrollo de industrias a través de spillovers tecnológicos y aumentos de productividad en las empresas receptoras que juegan un papel importante en los patrones de comercio internacional.

Finalmente, el modelo especificado incorpora otra variable de inversiones denominada Otras inversiones (OI), la cual tiene relación con todas las otras inversiones que no sean inversión extranjera directa. En este caso, el modelo muestra un  $R^2$  de 90,54% el más alto mostrado por los modelos probados y, tanto los aranceles (TAU), como los obstáculos técnicos al comercio (OTC) y la variable crisis (CRS) siguen siendo no relevantes para el modelo, debido a que no se muestran como proxys estadísticamente significativos, ni siquiera al 10%. Sin embargo, las medidas antidumping (MA) muestran el signo esperado, con un coeficiente en torno a la unidad y estadísticamente significativa (1%), al igual que las variables relacionadas a la población del importador y el exportador, que mantienen los signos entregados en los otros modelos estimados y con un coeficiente alto en relación a la población china debido a su importante densidad poblacional y demanda interna. En cuanto a las inversiones, tanto la inversión extranjera directa (ID) como las otras inversiones (OI) se muestran estadísticamente significativas al 1% y muestran un signo positivo y coeficientes de 1,66 y 0,93 respectivamente, por tanto, ambas medidas contribuyen de forma positiva al desarrollo de la industria solar a través del aumento del comercio internacional de componentes y bienes relacionados a la industria.

Ante la sospecha de endogeneidad en las variables relacionadas a la inversión, tanto la Inversión extranjera directa (DI) o las Otras inversiones (OI) se realiza un test de endogeneidad de Hausman para que entregue información sobre la condición de las variables, de modo que, si existe endogeneidad, pueda ser corregida o reducida, ya sea, mediante retardos en las variables endógenas como una expresión de variables instrumentales o por medio del método generalizado de los momentos (GMM). En este caso, el test de endogeneidad de Hausman nos indica que no parece haber presencia de endogeneidad entre las variables relacionadas a la inversión (DI y OI) y el resto de las variables utilizadas en el



modelo, por lo que no sería necesario aplicar algún método para corregir esta condición, sin embargo, se optó por aplicar de igual manera retardos a las variables relacionadas a la inversión y realizar una estimación por el método GMM para estudiar la diferencia entre los resultados.

Tabla 2: Estimaciones de la ecuación de gravedad con retardos y GMM.

MSEG	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9
<b>TAU</b>	16,500 (0,388)	23,324 (0,257)	24,880 (0,225)	17,100 (0,075) *
<b>MA</b>	-1,135 (0,000) ***	-1,145 (0,000) ***	-1,222 (0,000) ***	-1,116 (0,265) ***
<b>OTC</b>	-0,767 (0,189)	-0,577 (0,325)	-0,319 (0,587)	-0,392 (0,812)
<b>DI</b>	1,665 (0,000) ***	1,670 (0,000) ***	1,310 (0,000) ***	-0,420 (0,963) ***
<b>OI</b>	0,934 (0,004) ***	1,085 (0,001) ***	0,949 (0,007) ***	-14,200 (0,716) ***
<b>P</b>	6,024 (0,031) **	6,276 (0,032) ***	7,761 (0,013) **	9,530 (0,706) **
<b>PCNA</b>	-183,517 (0,001) ***	-154,655 (0,006) ***	-159,571 (0,004) ***	-
<b>CRS</b>	0,236 (0,820)	0,906 (0,383)	0,915 (0,380)	-
<b>Constante</b>	3720,240 (0,001) ***	3106,840 (0,008) ***	3191,890 (0,006) ***	***
<b>Time dummies</b>	Si	Si	Si	Si
<b>R-square</b>	0,905	0,907	0,909	
<b>Test de Hausman</b>	0,004	FE	0,001	FE
<b>estad</b>	43,950	46,070	29,080	
<b>F (chi-sq)</b>	158,010	160,390	164,000	
<b>Nº de obs</b>	417,000	399,000	380,000	385,000
<b>Sargan</b>				0,175
<b>estad</b>				3,490
<b>Hansen</b>				0,768
<b>estad</b>				0,530
<b>AR (1)</b>				0,829
<b>AR (2)</b>				0,667

VARIABLES EN LOG

\* p-valor<0.1 \*\* p-valor<0.05 \*\*\* p-valor<0.01

La tabla 2 nos muestra el modelo 6 especificado anteriormente, el cual nos entregó resultados robustos sin presencia de endogeneidad, sin embargo, como se mencionó anteriormente, se optó por aplicar retardos a las variables relacionadas a la inversión, en este caso, el modelo 7 refleja un retardo, tanto en DI como en OI y, el modelo 8 nos muestra la aplicación de un segundo retardo en las mismas variables.

Acá es posible notar que la aplicación de un retardo, ajusta de cierta manera los coeficientes de las variables del modelo 6, produciendo variaciones en el impuesto a las exportaciones (t), Otras barreras técnicas al comercio (OTC), Crisis (CRS) y en las poblaciones, sin embargo, mantiene los signos en todas las variables, incluso aumentando la significatividad en la variable población (P) y mostrando un  $R^2$  más elevado de un 90,68%. Un segundo retardo, reflejado en el modelo 8, nos muestra también alteraciones en los coeficientes que acompañan a las variables del modelo, de igual forma que el modelo 7, también manteniendo los signos esperados y la misma significatividad de las variables con respecto al modelo especificado. El modelo 9 muestra los resultados de la estimación del modelo 6 mediante el método generalizado de los momentos, en donde es notorio el cambio con respecto a las estimaciones realizadas anteriormente. La variación es bastante alta, ya sea, en cuanto a los coeficientes de las variables como también en su signo, además es necesario mencionar que, prácticamente ninguna variable es relevante en el modelo, mostrando nula significatividad y, por tanto, los resultados entregados bajo este método no nos parecen son robustos.

Ante estos resultados, optamos por el modelo 7, que muestra una mayor significatividad por parte de las variables involucradas, así como también un mejor  $R^2$ . El hecho de tomar en consideración un retardo en las variables Inversión extranjera directa (DI) y en Otras inversiones (OI), tiene sentido debido a la naturaleza de estas variables, relacionadas en la industria solar a inversiones físicas y que, por tanto, requieren de cierto tiempo para ser ejecutadas. En base a esto las variables Medidas antidumping (MA), Inversión extranjera directa (DI), Otras inversiones (OI) y las poblaciones (P y PCNA) muestran una alta significatividad al 1%, cumpliendo un rol importante en el modelo, ya que tienen los signos esperados, negativo para las medidas no arancelarias y positivo para las inversiones y, además, los coeficientes están en torno a la unidad. La única variable que no se comporta de la manera esperada, es el impuesto a las importaciones, el cual muestra signo positivo y un

coeficiente bastante elevado, pero no es relevante en el modelo, lo que podría deberse a la gran cantidad de datos nulos o ceros que incorpora esta variable en el panel de datos OCDE-China.

## 5.2. Análisis de bienestar

Como se ha mencionado antes, el análisis de bienestar se centrará en el impacto generado por el financiamiento en el comercio de las partes y componentes necesarias para lograr el cambio de matriz energética en Chile propuesto por la Agenda energética 2050. En este caso, tendremos solo oferta extranjera proveniente de China ya que no existe producción nacional de celdas solares para la fabricación de paneles. Los parámetros del modelo se calibran inicialmente para replicar los precios y cantidades para 2016 y 2029 en Chile, años escogidos debido a que el 2016 fue el último año incorporado al panel utilizado en la ecuación de gravedad y, 2029 debido a la disponibilidad de datos que proyectan la demanda eléctrica a futuro y que permiten calcular la cantidad necesaria de paneles solares requeridos para satisfacer esta demanda y cumplir con los objetivos energéticos impuestos en la política anteriormente mencionada.

Tabla 3: Proyección de demanda eléctrica en Chile 2018-2029.

Año	Total SEN (GWh)	Tasa Crec. Anual
2018	70.282	
2019	73.698	4,86%
2020	77.082	4,59%
2021	81.436	5,65%
2022	84.967	4,34%
2023	92.379	8,72%
2024	95.397	3,27%
2025	97.683	2,40%
2026	99.949	2,32%
2027	102.196	2,25%
2028	104.422	2,18%
2029	106.519	2,01%

Fuente: Proyección de demanda eléctrica 2018 - 2038, Coordinador eléctrico nacional.

El coordinador eléctrico nacional (CEN), realizó a principios de este año, una proyección de demanda para el sistema eléctrico nacional (SEN), que sitúa para el año 2029 un consumo de 106.519 GWh, de los cuales, de acuerdo a estimaciones realizadas por la Mesa ERNC de la comisión “Energía 2050”, un 15% correspondería a generación eléctrica con fuentes solares,

es decir, más del doble de la electricidad generada en el año 2018 por las plantas fotovoltaicas instaladas a nivel nacional. Esto nos indica que para el año 2029 se requerirá cubrir una demanda de 15.978 GWh provenientes de fuentes fotovoltaicas, sin embargo, debemos considerar que al año 2016 ya existía capacidad para generar 2.550 GWh, por lo tanto, se necesita cubrir los 13.428 GWh restantes.

Por otro lado, sabemos que la mayor planta solar en Chile, llamada “El Romeral Solar”, ubicada en la región de Atacama, una zona con alta radiación solar, está diseñada para producir 493 GWh promedio al año con 776.000 paneles solares y, que en general, un panel solar cuenta con al menos 36 celdas fotovoltaicas, por lo tanto, con estos datos es posible calcular la cantidad necesaria de celdas solares requeridos al año 2029, la cual corresponde a 760.893.342 millones de celdas solares.

La figura 1 muestra la situación que se plantea en el análisis de bienestar, reflejando la demanda de Chile y la oferta extranjera de China de celdas solares. El precio,  $P$ , se encuentra en el eje vertical, y la cantidad,  $Q$ , se muestra a lo largo del eje horizontal. La situación inicial reflejada en el punto A muestra los valores de equilibrio que se dieron durante el año 2016 ( $P_A$  y  $Q_A$ ), en donde la curva de demanda viene dada por  $D$  y la curva de oferta es representada por  $S$ . En este caso, el excedente del consumidor vendrá dado por el área comprendida entre los puntos  $A$   $P_A$   $O$   $A$ , siendo también, el bienestar nacional, debido a la inexistencia de producción interna de celdas solares. Por otro lado, el excedente del productor se refleja en el área comprendida entre los puntos  $O$   $P_A$   $A$   $X_A$ , por lo que el bienestar internacional corresponderá a la suma del excedente del consumidor y del productor.

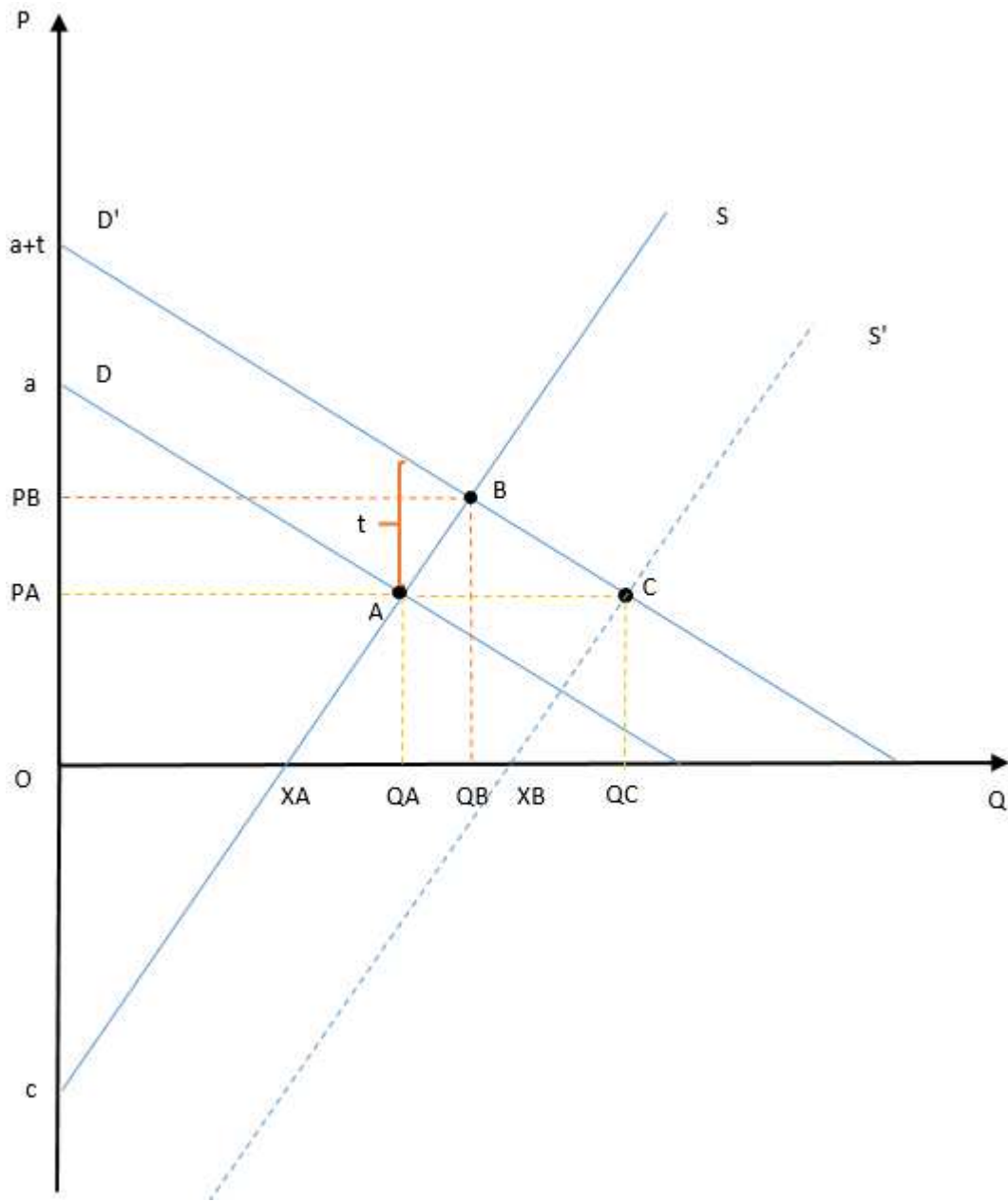
Luego, se plantea un shock en la demanda interna de celdas solares, debido al estímulo generado por la política gubernamental “Energía 2050”, la cual provoca un desplazamiento de la curva de demanda ( $D'$ ) en una cuantía  $t$ , valor que es posible obtener mediante las ecuaciones planteadas en la metodología del análisis de bienestar, utilizando como base el punto C mostrado en la figura 1, es decir, tomando en consideración  $P_A$  y la cantidad requerida en el año 2029, representada por  $Q_C$ .

El desplazamiento de la demanda, suponiendo una curva de oferta sin alteraciones, genera un nuevo precio ( $P_B$ ) y cantidad ( $Q_B$ ), moviendo el equilibrio al punto B. En esta nueva situación, el excedente del consumidor viene dado por el área  $B$   $P_B$   $(a+t)$ , mientras que el

excedente del productor por el área  $O X_A B P_B$ , por lo tanto, el bienestar internacional corresponderá a la suma de las dos áreas.

Finalmente, se considera la posibilidad de que China reaccione en este periodo y aumente su oferta de exportaciones. Consideramos la posibilidad de que cubra toda la demanda de importaciones para el precio inicial y se plantea un desplazamiento de la curva de oferta hacia una nueva curva denominada como  $S'$ , de modo que el nuevo punto de equilibrio se sitúe en el punto  $C$  tal como lo muestra la figura 1, con esto el precio de equilibrio es  $P_A$  y la cantidad de equilibrio  $Q_C$ , es decir, la cantidad exacta de celdas solares requeridas para la generación de electricidad desde fuentes solares al 2029. En esta situación el excedente del consumidor corresponde al área formada por los puntos  $(a+t) P_A C$ , siendo la mayor área planteada, y el excedente el productor corresponde al área correspondiente a los puntos  $P_A O X_B C$ .

Figura 1: Equilibrio de mercado.



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra los valores de los parámetros utilizados para la calibración de las funciones de oferta y demanda:

Tabla 4: Valores de los parámetros para la calibración del modelo de las celdas solares en 2016 y 2029.

<b>Parámetro</b>	<b>Datos</b>
<b>Consumo 2016 (Unidades)</b>	2.475.630
<b>Precio (US\$)</b>	71,8
<b>Elasticidad demanda importación</b>	4,552
<b>Elasticidad oferta exportación</b>	0,00000151
<b>Valor importaciones 2016 (US\$)</b>	177.681.355
<b>Demanda 2029 (Unidades)</b>	760.893.342

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que los datos de elasticidad de demanda de importación de Chile fueron obtenidos desde el trabajo realizado por Broda, Greenfield y Weinstein (2006), el cual nos muestra grupos de bienes clasificados bajo el sistema armonizado compuesto por 3 dígitos y, los datos de la elasticidad de oferta de exportación de China se obtienen desde el trabajo realizado por Broda, Limao y Weinstein (2006), el cual muestra grupos de bienes clasificados bajo el mismo sistema armonizado pero, en este caso, utilizando 4 dígitos.

La elasticidad de la demanda de importación presentada por el grupo que abarca las celdas solares, es elevada, con un valor de 4,552, por tanto, si aumenta el precio del bien, la cantidad demandada disminuirá porcentualmente más que lo que aumenta este precio. Por otro lado, la elasticidad de la oferta de exportación se muestra con un valor muy cercano a cero, siendo altamente inelástica, lo que se traduce en que ante una variación en el precio la cantidad ofertada variará muy poco, lo cual puede ser explicado por limitaciones de producción.

La calibración de la situación inicial (punto A), así como de las otras situaciones planteadas (puntos B y C), permite realizar el análisis de bienestar mediante el cálculo de los excedentes, sin embargo, en el estudio se plantea considerar el financiamiento necesario para llevar a cabo el cambio de matriz energética, y es acá en donde se hace el vínculo entre el enfoque de gravedad y el análisis de bienestar. En la ecuación de gravedad planteada en el apartado anterior, se incluyó como forma de financiamiento la DI y la OI, siendo las 2 estadísticamente significativas en el modelo 7 que fue el escogido, sin embargo, para efectos de este estudio se considerará como forma de financiamiento un préstamo bancario, el cual está dentro de la categoría OI, ya que dentro de las soluciones que plantean los expertos para que las empresas

energéticas puedan financiarse para llevar a cabo la enorme cantidad de proyectos fotovoltaicos, es el involucramiento activo del Banco Estado, única entidad bancaria pública en Chile, que tiene como misión fomentar el desarrollo económico mediante el apoyo a las empresas y, que además, está alineado con los ODS comprometiéndose a contribuir con las metas nacionales en materia ambiental impulsando iniciativas de financiamiento en proyectos que contribuyan a la reducción de las emisiones de carbono, siendo el primer banco en especializarse en el financiamiento de proyectos de eficiencia energética y energías renovables no convencionales, tal como lo mencionan en la Memoria integrada Banco Estado 2018, por lo tanto, a modo de simplificación, se considerará el financiamiento y su respectivo coste mediante esta vía. Específicamente, tomaremos como referencia el crédito otorgado por el Banco Estado a empresas que requieran financiar un proyecto relacionado a ERNC, el cual da un plazo de pago de hasta 12 años y con una tasa de interés nominal mensual de 0,54%. Como coste del préstamo se considerarán los intereses comprometidos, y para el cálculo del monto a financiar utilizaremos el coeficiente asociado a la OI ( $\beta_{10}$ ) entregado en el modelo 7 que es 1,085, considerando que en el año 2016 en Chile el monto de OI es de MUS\$ 52.461,4.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que para cubrir los 13.428 GWh requeridos al 2029, es necesaria la construcción de varios proyectos energéticos, los cuales se podrían construir de manera gradual, sin embargo, para efectos de este estudio, se considerará la generación requerida como un solo proyecto.

La siguiente tabla presenta las estimaciones del análisis de bienestar realizadas tanto para la situación inicial como también para las demás situaciones planteadas.

Tabla 5: Estimaciones del análisis de bienestar

<b>Chile-China</b>	<b>Situación A</b>	<b>Situación B</b>	<b>Situación C</b>
<b>Precio (US\$)</b>	71,8	4901,8	71,8
<b>Cantidad (Unidad)</b>	2.475.630	2.475.882	760.893.342
<b>Excedente del consumidor (MUS\$)</b>	19.516	19.520	1.843.579.866
<b>Excedente del productor (MUS\$)</b>	177.681	12.135.735	54.610.978
<b>Bienestar internacional (MUS\$)</b>	197.197	12.155.255	1.898.190.845
<b>Valor importaciones (MUS\$)</b>	177.681	12.136.362	54.610.978
<b>Costo Financiamiento (MUS\$)</b>	0	1.176.483	5.355.093
<b>Excedente final del consumidor (MUS\$)</b>	19.516	-1.156.963	1.838.224.774
<b>Bienestar internacional final (MUS\$)</b>	197.197	10.978.772	1.892.835.752

Fuente: Elaboración propia



La tabla 5 muestra el precio y la cantidad de equilibrio de los puntos A, B y C mostrados en la figura 1, así como también, los excedentes de del consumidor (Chile) y del productor (China) para cada situación. Como se mencionó anteriormente, el bienestar internacional corresponde a la suma de los excedentes del consumidor y del productor. También se considera el costo del financiamiento el cual debe ser descontado al excedente del consumidor o bienestar nacional, esto se refleja en la línea Excedente final del consumidor. El bienestar internacional final correspondería al excedente final del consumidor más el excedente del productor.

En la situación inicial, con un precio de equilibrio de 71,8 US\$ por unidad y una cantidad de equilibrio de 2.475.630 unidades, tanto el consumidor nacional como el productor extranjero muestran ganancias, por tanto, el comercio de celdas solares, representado por el grupo de bienes 854140, entre Chile y China, es beneficioso para ambos actores, sumando un bienestar internacional de MUS\$ 197.197, sin embargo, en este caso no se considera financiamiento pues corresponde a la situación base y no existirá variación.

En el punto de equilibrio B, la situación es diferente, un aumento de la curva de demanda manteniendo fija la curva de oferta, es decir, situación en donde la demanda requerida de celdas solares no podría ser cubierta, elevaría el precio del bien en 67 veces con respecto a la situación inicial, sin embargo, la cantidad de equilibrio solo aumentaría en 252 unidades, lo cual se explica por las elasticidades de la oferta y la demanda que, como se mencionó anteriormente, muestran una curva de oferta altamente inelástica con valores cercanos a 0 y una curva de demanda muy elástica con valores sobre la unidad. En esta situación la variación del excedente del consumidor es muy baja, prácticamente manteniendo el valor de la situación inicial, solo viéndose beneficiado el productor por el elevado aumento del precio, incrementando su excedente en la misma proporción. En este punto, el flujo comercial debe ser financiado, lo cual produce un costo de financiación que, restado al excedente del consumidor, provoca pérdidas en el bienestar nacional o excedente final del consumidor, sin embargo, el bienestar internacional es bastante alto, aumentando en 55 veces con respecto a la situación planteada inicialmente.

La situación planteada en el punto C, en donde aumenta la demanda y la curva de oferta se mueve hasta satisfacer las necesidades de celdas solares, se da en un punto donde el precio

unitario vuelve a ser el mismo valor que el de la situación inicial, pero la cantidad aumenta considerablemente a las 760.893.342 celdas solares necesarias para cumplir con las metas energéticas. En esta situación, al aumentar 306 veces la cantidad con respecto al punto A, el excedente del consumidor se multiplica explosivamente y permite pagar el costo del financiamiento sin comprometer las ganancias en bienestar. El excedente del consumidor crece en la misma proporción que la cantidad, es decir, 306 veces. Ante esto, el bienestar internacional final genera elevadas ganancias.

Cabe mencionar que este ejercicio es una primera aproximación en la que la transición solar es financiada de la forma más sencilla mediante un préstamo bancario. Pueden considerarse situaciones intermedias que se ajusten a la evolución de la oferta China y a diferentes cuadros de financiación del prestamos que darán variaciones en el coste de financiación. Además, y muy importante, aunque excede el objeto y posibilidades para este trabajo, se podría profundizar aún más en el estudio, considerando que los proyectos fotovoltaicos podrían financiarse por los ahorros generados por la disminución de las importaciones de combustibles fósiles que serían reemplazados por la energía infinita proveniente del Sol. El reemplazo de los combustibles fósiles genera un ahorro significativo a cambio de una fuente energética gratuita lo cual debiese estar considerado en el análisis de bienestar, probablemente, elevando en gran cantidad el bienestar tanto nacional como internacional. Por otro lado, también se debiese considerar los importantes beneficios ambientales que implica la descarbonización de la matriz energética, lo cual implica un beneficio adicional para el consumidor que puede ser cuantificado e incluido en el análisis de bienestar, así como cualquier coste y beneficio adicional derivado de la transición energética.

## **6. Conclusión**

Utilizando un marco teórico simple y definido, estudiamos como se puede hacer un vínculo entre un modelo de gravedad y un análisis de bienestar, mediante una aplicación a la transición energética solar que está en auge en el mundo y especialmente centrándonos en la experiencia de Chile.

En un principio, la estimación econométrica de la ecuación de gravedad nos entregó una aproximación de las variables relevantes en los flujos comerciales relacionados a la industria

solar, en específico, se consideraron las importaciones de los países pertenecientes a la OCDE desde China, mayor productor de celdas solares en el mundo, en un periodo comprendido entre el año 2000 y el 2016. Los resultados indican que variables relacionadas a barreras comerciales, como lo son las medidas no arancelarias, influyen de manera diferente en los flujos comerciales del caso estudiado, por ejemplo, las barreras técnicas al comercio, no muestran una significatividad estadística, mostrándose no relevantes en el modelo planteado, sin embargo, las medidas antidumping muestran una alta significatividad, por lo tanto, tienen un impacto diferenciado en los volúmenes comerciales y deben tratarse de forma distinta. En cuanto a las barreras arancelarias, el modelo las muestra no significativas, siendo no relevantes en el comercio de celdas solares, sin embargo, me permito dudar del resultado, debido a la disponibilidad de datos. Por otro lado, las poblaciones de los países en estudio muestran claramente un impacto positivo y significativo en el modelo. También, podemos concluir que la crisis económica del 2008-2012 no generó un impacto en los flujos comerciales de celdas solares, al menos no en este mercado. En cuanto al financiamiento, podemos decir que las variables de inversión que utilizamos en el modelo, es decir, la inversión extranjera directa y otras inversiones, generan un impacto estadísticamente importante en los flujos comerciales de celdas solares, por lo tanto, la industria solar en la muestra de países que utilizamos, se está financiando mediante estas dos vías. Este último resultado es de especial importancia debido a que nos permitió realizar el vínculo entre el modelo de gravedad y el posterior análisis de bienestar aplicado al mercado solar en Chile, dada su importante necesidad de financiación externa para acometer la transición solar y la escasa maniobra de Chile en cuanto a los demás determinantes.

El fuerte impulso generado por el Estado Chileno mediante políticas públicas a la industria solar, así como la creciente importancia a nivel internacional que se le ha dado al desarrollo de las energías renovables, hace proyectar que existirá un importante flujo comercial de celdas solares en el país, por lo que estudiamos de qué forma impactaría el desarrollo de esta industria en cuanto al bienestar nacional e internacional, considerando una vía de financiamiento adecuada, que fue la que nos proporcionó la ecuación de gravedad planteada anteriormente. Para realizar el análisis de bienestar adaptamos la metodología propuesta por Disdier y Marette (2010), y calibramos el modelo a partir de 3 posibles situaciones aplicadas

a la realidad de la industria solar en Chile, considerando el coste de un financiamiento bancario, propuesto como solución a los problemas de financiamiento de la industria.

Los resultados nos indican que un aumento de la demanda provocado por la transición solar en Chile, provocaría enormes ganancias en el caso de que la oferta China pueda satisfacerla, incluso cubriendo los costes de financiamiento necesarios, caso que podría ser considerado como realista debido al enorme tamaño de la industria China. En el caso contrario, en donde la oferta de celdas solares provenientes de China se mantuviera fija en los próximos años, el precio de equilibrio se elevaría a niveles que provocarían pérdidas en el bienestar nacional. En cualquier caso, el bienestar internacional generado por este flujo comercial es siempre positivo.

Además, como un punto importante a destacar, creemos que se debe considerar en un análisis como este, los múltiples beneficios adicionales que implica un cambio en la matriz energética de un país y que no tienen relación solo con flujos comerciales de partes y componentes de la industria solar, sino que más bien tienen relación con los importantes ahorros generados por la reducción en las importaciones de combustibles fósiles que serían reemplazados por energía limpia y segura, así como también los innumerables beneficios medioambientales y de salud que genera el desarrollo de una economía sostenible, los cuales podrían ser cuantificados e incorporados a un análisis de bienestar más detallado.

## **7. Referencias bibliográficas**

Anderson, J. (1979). A theoretical foundation for the gravity equation. *Amer. Econ. Rev.*, 69, 106-116.

Anderson, J. y Van Wincoop, E. (2004). Trade Costs. *Journal of Economic Literature*, 42(3), 691-751.

Bacaria-Colom, J., Osorio-Caballero, M. y Artal-Tur, A. (2013). Evaluación del acuerdo de libre comercio México-Unión Europea mediante un modelo gravitacional. *Economía Mexicana (Nueva Época)*, 1, 143-163.

Bacchetta, M., Beverelli, C., Cadot, O., Fugazza, M., Grether, J., Helble, M., Nicita, A. y Piermastini, R. (2012). A Practical Guide to Trade Policy Analysis. Recuperado el 20 de Agosto de 2019 de: <https://vi.unctad.org/tpa/web/vol1/vol1home.html>

Banco del Estado de Chile. (2019). Financiamiento Proyectos Eficiencia Energética. Recuperado el 4 de octubre de 2019 de: [https://www.bancoestado.cl/imagenes/\\_pequenas-empresas/productos/financiamiento/proyectos-eficiencia-energetica.asp](https://www.bancoestado.cl/imagenes/_pequenas-empresas/productos/financiamiento/proyectos-eficiencia-energetica.asp)

Banco del Estado de Chile. (2019). Memoria Integrada 2018. Recuperado el 25 de septiembre de 2019 de: [https://www.corporativo.bancoestado.cl/sites/default/files/documentos\\_archivos/Memoria%20Integrada%20BancoEstado%202018.pdf](https://www.corporativo.bancoestado.cl/sites/default/files/documentos_archivos/Memoria%20Integrada%20BancoEstado%202018.pdf)

Beghin, J., Disdier, A., Marette, S. y Van Tongeren, F. (2012). Welfare costs and benefits of non-tariff measures in trade: A conceptual framework and application. *World Trade Review*, 11(3), 356-375.

Bergstrand J. (1985). The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence. *Rev. Econ. Stat.*, 67, 474-481.

Bergstrand J. (1989). The generalized gravity equation, monopolistic competition, and the factor-proportions theory in international trade. *Rev. Econ. Stat.*, 71, 143-153.

Blenkinsop, P. (2018). La UE pondrá fin a los controles de importación de paneles solares chinos en septiembre. Reuters. Recuperado el 17 de septiembre de 2019 de: <https://es.reuters.com/article/businessNews/idESKCN1L911V-OESBS>

Broda, C., Greenfield, J. and Weinstein, D. (2006). From Groundnuts to Globalization: A Structural Estimate of Trade and Growth. NBER Working Paper, 12512.

Broda, C., Limao, N. and Weinstein, D. (2007). Optimal Tariffs: The Evidence. *American Economic Review*.

Coordinador Eléctrico Nacional, Gerencia de Planificación de la Transmisión. (2019). Proyección de demanda eléctrica 2018-2038. Recuperado el 12 de septiembre de 2019 de:

<https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2019/01/Anexo-3-Informe-de-Proyecci%C3%B3n-de-Demanda-El%C3%A9ctrica-2018-2038.pdf>

Disdier, A. y Marette, S. (2010). The combination of gravity and welfare approaches for evaluating nontariff measures. *American Journal Agricultural Economics*, 92(3), 713-726.

Etxebarría, I. (2018). El mercado de la energía solar en China. ICEX España exportaciones e inversiones.

Generadoras de Chile. (2019). Generación eléctrica en Chile. Recuperado el 10 de septiembre de 2019 de: <http://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile>

Helpman E. y Krugman P. (1985). *Market Structure and Foreign Trade*. Cambridge: MIT Press.

IMF Statistics Department. (2015). Other Investment (L7). Recuperado el 11 de septiembre de 2019 de: <https://www.imf.org/external/region/tlm/rr/pdf/Jan12.pdf>

International Energy Agency. Statistics. [Base de datos]. Recuperado el 20 de julio de 2019 de: <https://www.iea.org/statistics/>

International Monetary Fund. Balance of Payments and International Investment Position Statistics (BOP/IIP). [Base de datos]. Recuperado el 15 de junio de 2019 de: <http://data.imf.org/?sk=7A51304B-6426-40C0-83DD-CA473CA1FD52&sId=1390030341854>

International Monetary Fund. Glossary of foreign direct investment terms. Recuperado el 30 de Agosto de 2019 de: <https://www.imf.org/external/np/sta/di/glossary.pdf>

Jiménez, D. y Rendón, H. (2012). Determinantes y efectos de la Inversión Extranjera Directa: revisión de literatura. Recuperado el 20 de septiembre de 2019 de: [https://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/determinantes\\_y\\_efectos\\_de\\_la\\_inversion\\_extranjera\\_directa.pdf](https://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/determinantes_y_efectos_de_la_inversion_extranjera_directa.pdf)

Kabir, M., Salim, R. y Al-Mawali, N. (2017). The gravity model and trade flows: Recent developments in econometric modeling and empirical evidence. *Economic Analysis and Policy*, 56, 60-71.

Labra, R. y Torrecillas, C. (2014/2016). Guía Cero para datos de panel. Un enfoque práctico. Recuperado el 23 de septiembre de 2019 de: [https://www.catedraumaccenture.com/documents/Working%20papers/WP2014\\_16\\_Guia%20CERO%20para%20datos%20de%20panel%20Un%20enfoque%20practico.pdf?fbclid=IwAR22-bxb6d1KOCeEoJBatYfnKD6TMgcTAzr02Vj7y1ijbCyosTN-DlzUz6M](https://www.catedraumaccenture.com/documents/Working%20papers/WP2014_16_Guia%20CERO%20para%20datos%20de%20panel%20Un%20enfoque%20practico.pdf?fbclid=IwAR22-bxb6d1KOCeEoJBatYfnKD6TMgcTAzr02Vj7y1ijbCyosTN-DlzUz6M)

Ministerio de Energía (2015). Energía 2050, Política energética de Chile. (2° ed.). Recuperado el 25 de mayo de 2019 de: <http://www.energia2050.cl/wp-content/uploads/2017/12/Politica-Energetica-Nacional.pdf>

Ministerio de Energía (2015). Una mirada participativa del rol y los impactos de las energías renovables en la matriz eléctrica futura. Recuperado el 30 de mayo de 2019 de: <https://www.4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2017/03/Resumen-Mesa-ERNC.pdf>

Moreno-Brieva, F., He, Y. y Merino, C. (2019). Manual práctico para datos de panel. Universidad Complutense de Madrid.

ONU. UN Comtrade Database. [Base de datos]. Recuperado el 10 de junio de 2019 de: <https://comtrade.un.org/>

ONU. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado el 20 de septiembre de 2019 de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Organización Mundial del Comercio. (2019). Obstáculos técnicos al comercio. Recuperado el 5 de septiembre de 2019 de: <http://tbtims.wto.org/es/>

Pöyhönen, P. (1963). Toward a general theory of international trade. *Ekonomiska Samfundets Tidskrift*, 69-77.

Pulliainen, K. (1963). A world trade study: an econometric study of the pattern of the commodity flows in international trade, 1948-60. *Ekonomiska Samfundets Tidskrift*, 78-91.

Román, R., Haas, J. y Díaz, G. (2014). Análisis y diagnóstico de experiencias de plantas solares en Chile en operación y conectadas a la red. Recuperado el 15 de septiembre de 2019 de: <http://www.energygreen.cl/wp-content/uploads/2017/10/Experiencia-Plantas-Solares.pdf>

Sanso, M., Cuairan, R. y Sanz, F. (1989). Flujos bilaterales de comercio internacional, ecuación de gravedad y Teoría Heckscher-Ohlin. *Investigaciones Económicas (Segunda época)*, 13(1), 155-166.

Serrano, R. y Pinilla, V. (2008). Comercio agrario latinoamericano, 1963-2000: aplicación de la ecuación gravitacional para flujos desagregados de comercio. Documento de trabajo FUNCAS, 412.

Tinbergen, J. (1962a). An analysis of world trade flows. *Shaping the World Economy, The Twentieth Century Fund*.

The World Bank. UNCTAD – Trade Analysis Information Systemn (TRAINS). [Base de datos]. Recuperado el 10 de julio de 2019 de: [https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=UNCTAD-~-Trade-Analysis-Information-System-\(TRAINS\)&fbclid=IwAR0l6FuReNJGi66YO36Hpgyku7Kff-96GIN3GyYOeww7WfVBHdaXMzkbbs](https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=UNCTAD-~-Trade-Analysis-Information-System-(TRAINS)&fbclid=IwAR0l6FuReNJGi66YO36Hpgyku7Kff-96GIN3GyYOeww7WfVBHdaXMzkbbs)

World Integrated Trade Solution. Trade Data. [Base de datos]. Recuperado el 15 de julio de 2019 de: <https://wits.worldbank.org/>

World Trade Organization. I-TIP Goods: Integrated analysis and retrieval of notified non-tariff measures. [Base de datos]. Recuperado del 23 de julio de 2019 de: <http://i-tip.wto.org/goods/Default.aspx>