



ESTUDIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA

Propuesta de subasta de bonos de carbono para Chile y México

Alejandro Castañeda Sabido
Alejandro Villagómez Amezcua



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Propuesta de subasta de bonos de carbono para Chile y México

Alejandro Castañeda Sabido
Alejandro Villagómez Amezcu



Este documento, fue preparado por Alejandro Castañeda Sabido y Alejandro Villagómez Amezcua, consultores de la Unidad de Cambio Climático, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco de las actividades del proyecto Política fiscal y cambio climático (GER/12/002), ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ). Los autores agradecen los comentarios de Rodrigo Labarthe Álvarez.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la organización.

Índice

Resumen	5
I. El mecanismo de la subasta	7
A. Introducción	7
B. Subastas de un solo bien	7
C. Subasta de bienes múltiples	8
D. Subasta de precio uniforme de pagas lo que pujas	9
E. Subasta <i>clock</i>	9
F. Subasta <i>clock</i> simple	10
II. Comparación entre los esquemas de subastas	11
A. Eficiencia	11
III. Preámbulo sobre subastas para México y Chile	13
A. Chile	14
1. Detalles de la subasta en Chile	20
B. México	21
1. Subasta ideal para México	24
IV. Conclusiones	27
Bibliografía	29
Anexo	31
Cuadros	
Cuadro 1 Participación de empresas en el mercado e índice Herfindahl	15
Cuadro 2 Escenarios de emisiones en la industria de generación eléctrica en Chile	17
Cuadro 3 Emisiones e ingresos potenciales bajo el escenario de intervención en la industria de generación eléctrica en Chile	18
Cuadro 4 Escenarios de emisiones del sector de transporte en Chile	19
Cuadro 5 Ingresos potenciales bajo el escenario de intervención en el sector de transporte de Chile	19
Cuadro 6 Escenarios de emisiones en la industria de generación eléctrica en México	22
Cuadro 7 Emisiones e ingresos potenciales bajo el escenario de intervención en la industria de generación eléctrica en México	23
Cuadro 8 Escenarios de emisiones del sector de transporte en México	23

Cuadro 9	Proyección de autos e ingresos potenciales bajo el primer escenario de intervención en el sector de transporte de México.....	24
Cuadro 10	Proyección de autos e ingresos potenciales bajo el segundo escenario de intervención en el sector de transporte de México.....	25
Cuadro A.1	La industria de la generación de energía eléctrica en Chile	32

Resumen

Existen varias formas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que ocasionan el cambio climático. En este documento se analiza una propuesta específica para la reducción de emisiones de GEI consistente en la subasta de bonos de carbono. Este esquema ha sido utilizado en algunos países o regiones como por ejemplo en la Comunidad Europea. Su aplicación se ha concentrado en lo que se conoce como industrias corriente arriba, como son el sector energético y algunas industrias pesadas como el cemento y acero.

Este documento tiene como objetivo proponer un mecanismo de subastas de bonos de carbono, para la reducción de emisiones en Chile y México. De este modo, el documento busca contribuir al desarrollo de mecanismos que permitan asignar los bonos de carbono a los emisores. En muchos casos estas asignaciones se realizan de manera libre buscando reducir los potenciales efectos perniciosos sobre la industria. Sin embargo, estudios recientes han indicado que asignar gratis estos bonos sólo aumenta las utilidades de las industrias involucradas. En este documento se propone entonces subastar por lo menos un 85% de los bonos entre los emisores con el fin de usar estos ingresos para reducir impuestos que son más distorsionantes.

El documento inicia con una revisión de la literatura analítica de subastas; donde se presentan las ventajas y desventajas de los distintos tipos de subastas. Se distingue entre subastas de un solo objeto y aquellas de múltiples objetos. También se distingue entre subastas de valores independientes (o individuales) y las de valores interdependientes. Dependiendo de que los postores tengan valores independientes o interdependientes, existen diversos tipos de subasta que serán mejores para subastar los bienes. Asimismo, el tipo de subasta también dependerá de que se venden varios objetos o solo uno. El documento revisa la literatura sobre objetos múltiples dado que la subasta de bonos de carbono corresponde a este tipo. Se distinguen varios tipos de subasta y se seleccionan a dos como ideales para el mercado de bonos de carbono. La primera es la subasta clock simple en el que existe un subastador que va subiendo el precio y los postores emiten las cantidades de bonos que desean comprar a cada precio. Su principal ventaja es que permite resolver problemas relacionados con la llamada maldición del ganador. Éste fenómeno ocurre cuando las valuaciones de los bienes a subastar están correlacionadas entre los postores y la subasta se realiza a sobre cerrado y primer precio. En este caso, aquel postor que gana la subasta sobrevaluó el bien y ganar son malas noticias. Esta subasta es útil cuando no existe poder de mercado entre los postores.

Una subasta alternativa es la llamada clock, en la que los postores tienen un incentivo a pujar de manera sincera pues obtienen beneficios cuando lo hacen así. En este caso se separan los precios de

las unidades que se asignan primero (inframarginales) de aquello de las unidades que se asignan después. En el documento se explican las razones que llevan a los postores a pujar sinceramente. Este tipo de subastas es mejor cuando existen problemas de poder de mercado entre los postores.

El trabajo realiza diversas simulaciones sobre los posibles ingresos potenciales a obtener en la subasta de bonos tomando como referencia las proyecciones de emisiones realizadas en el documento titulado “Low Carbon Development for Mexico” del Banco Mundial para México (2009). Las proyecciones dependen de un escenario de precios construido por nosotros mismos, que, al principio se asemeja a los precios que prevalecían en la Unión Europea para los bonos de carbón, pero que después se construyen de manera tentativa. De la misma forma se realizan proyecciones para Chile utilizando el documento titulado “La Economía del Cambio Climático en Chile” de CEPAL (2012).

Se proponen dos sectores en los que se van a subastar los bonos de carbono y donde se sugiere un mecanismo de asignación para ambos: el primero corresponde a la generación de electricidad, que por sus características se le podría denominar sector corriente arriba. El segundo sector propuesto es el de los autos para transporte individual, el cual obviamente es un sector corriente abajo. Ambos sectores son de los mayores emisores de gases de efecto invernadero. Es de notarse que el sector de generación de electricidad tendrá postores que requieran mucha mayor cantidad de bonos que los dueños de automóviles. El mecanismo propuesto plantea un esquema de subasta en el que participen los grandes postores, entre ellos comercializadores (bancos) de bonos, y que los postores pequeños puedan obtener sus bonos de dos formas. La primera es hacer una oferta por los bonos que necesitan (para que sus autos circulen) al precio final de la subasta y la segunda es comprarle a los comercializadores. En el caso de obtener sus bonos directamente de la subasta, las demandas de los postores pequeños se sustraen de la oferta total de bonos y el remanente se subasta entre los grandes postores. Por su parte, los pequeños postores tienen que pagar sus bonos al precio final de la subasta.

Dependiendo de las condiciones de mercado para generación, el documento propone diferentes subastas para México y Chile. Por la alta concentración de mercado en México en el mercado de generación de electricidad (monopolio), se sugiere una subasta de tipo clock. Para el caso de Chile en donde existe mayor competencia en generación, se sugiere una subasta de tipo clock simple.

I. El mecanismo de la subasta

A. Introducción

En el año 193 d. C. la guardia pretoriana asesinó al emperador Pertinax. Después de llevar a cabo el asesinato, la guardia subastó el imperio romano. El ganador fue Didius Julianus que ofreció 25000 sertesius por soldado. Julianus duró solo dos meses de emperador, ya que fue decapitado. Este es el primer ejemplo de subasta que ilustra la referida maldición del ganador (Krishna, 2002).

Existe una gran variedad de mecanismos de subasta que permiten asignar bienes. Por ejemplo, la subasta de tipo inglés, la subasta de tipo holandés y existen también subastas híbridas holandesas-inglesas. Existen subastas como las de ebay por internet. Asimismo, existen subastas a tercer precio, a segundo precio, entre otras. Sin embargo, un aspecto común de todo tipo de subasta es que se utilizan las pujas de los postores para determinar el ganador y la cantidad a pagar, asimismo (en subastas de un solo bien) el bien se asigna al postor que más puja aunque la puja no sea necesariamente el precio que paga. Las subastas se pueden utilizar para vender cualquier tipo de bien, entre ellos los bonos de carbono.

Este documento tiene como objetivo proponer un mecanismo de subastas de bonos de carbono, para la reducción de emisiones en Chile y México. El documento empieza con una discusión sobre la literatura de subastas. Posteriormente y una vez revisada la literatura de subastas, se analiza las condiciones de cada país y se realiza una propuesta de subasta para cada uno. El documento también hace simulaciones sobre las posibilidades de ingresos de las subastas.

B. Subastas de un solo bien

La subasta más conocida es la de tipo inglés y se utiliza, por ejemplo, en las ventas de arte. En esta subasta el proceso se maneja por un subastador que va subiendo el precio del bien en cuestión. Al incrementarse, los postores se van descartando a sí mismos. La subasta termina cuando queda un solo postor, que paga la segunda valuación más alta. Esto es, paga el valor al que el penúltimo postor se retiró. Por su parte, la subasta holandesa es aquella que empieza en un precio muy alto que, se asume, nadie va a comprar. El precio se va reduciendo hasta que alguien levanta la mano para indicar que lo quiere comprar. En ese momento la subasta termina y el postor paga el precio que era válido en el momento que levantó la mano.

La subasta a segundo precio es un formato a sobre cerrado en el que los postores indican sus pujas en un sobre. El ganador se decide con la base a la postura más alta. Sin embargo, el ganador no paga su postura sino la segunda postura más alta. El esquema es flexible como para permitir que el ganador pague la tercera postura más alta. Como el ganador no paga la postura que puja, existen incentivos por parte de los postores a pujar la valuación que realmente tienen por el bien. Esto es importante porque el principio de eficiencia básica de una subasta es elegir al postor que tiene la mayor valuación. Por lo tanto en el caso en que los postores actúan sinceramente, la subasta será eficiente al elegir el postor con mayor valuación.

La subasta a primer precio es con sobre cerrado. El ganador se decide también sobre la base de la postura más alta. Sin embargo, en este caso el ganador paga su postura. Existe una equivalencia entre la subasta inglesa y la de segundo precio a sobre cerrado. Asimismo existe una equivalencia entre la holandesa y la subasta a primer precio. Esto es válido en el caso en que se asume que no existe correlación entre las valuaciones de los valores, lo que la literatura llama la subasta de valores privados o independientes (Milgrom, 2004). Un resultado importante de la literatura es que en el contexto de valores privados, las cuatro subastas descritas generan el mismo ingreso esperado para el vendedor. Esto es lo que se ha llamado en la literatura el teorema de equivalencia de ingresos (Krishna, 2002).

Un modelo diferente al de valores privados (o valores independientes) es en el caso donde las valuaciones de los postores son interdependientes. En el caso en que otros participantes tengan información, que de ser conocida por el postor lo haría re-estimar su valuación del bien entonces existe un modelo de valores interdependientes (Krishna, 2002) En el caso de que las valuaciones son interdependientes entonces el teorema de equivalencia de ingresos ya no aplica. Milgrom y Weber (1982) demostraron que la subasta a primer precio ofrece menores ingresos esperados que la subasta a segundo precio. Asimismo, la subasta a segundo precio otorga menores ingresos esperados que la subasta inglesa.

El caso extremo de valuaciones interdependientes es el llamado valor común donde, para todos los postores, el bien tiene un valor similar. Sin embargo, cada uno tiene información parcial sobre el valor del bien, en este sentido subastas de formato abierto en el que los postores tienen la posibilidad de observar las posturas de los demás funcionan mejor. Esto se debe a que permite a los postores obtener información de los rivales y así reevaluar su estimación sobre el valor del bien (que tiene un valor común). En este sentido, la subasta de tipo inglesa es el mejor esquema a implementar en esta situación, por su formato abierto. Debido a que existe incertidumbre sobre el valor real del bien y las valuaciones de los postores están correlacionadas, la subasta inglesa permite a los postores obtener información sobre las valuaciones que tienen los rivales, lo que les permite reevaluar el bien. Como consecuencia los postores no tendrán miedo de hacer sus ofertas y el ingreso esperado será mayor que en los otros formatos. Esta es la intuición del resultado de Milgrom y Weber (1982).

La subasta inglesa evita la llamada maldición del ganador. La maldición del ganador es aquella que ocurre en formatos de subasta a primer precio (sobre cerrado) y en el que las valuaciones de los postores son interdependientes (al grado de tener un valor común). Así, en el caso de que los postores no tienen experiencia en la compra del bien por el que están pujando, entonces ganar puede ser una mala noticia, porque significa que el postor sobrevaluó el bien por encima de lo que hicieron los rivales. En una subasta inglesa la maldición del ganador no ocurre, porque los postores están continuamente observando las valuaciones de los demás participantes. No existe, por lo tanto, el peligro de que alguien puje en exceso respecto a los demás.

C. Subasta de bienes múltiples

En el caso de la subasta de bonos ambientales se subastan múltiples bienes idénticos (los bonos de carbono) y se subastan entre postores cuyas valuaciones pueden estar correlacionadas. Para asignar este tipo de bienes existen tres tipos de subastas fundamentales. Una primera subasta es la subasta a

sobre cerrado de precio uniforme¹, un segundo ejemplo es la subasta en la que se paga lo que se puja a sobre cerrado y un tercer ejemplo es la subasta de tipo clock². El caso de las subasta de bienes múltiples no es siempre una extensión simple de las subastas de un solo bien. Por ejemplo, en el caso de un solo bien, la subasta a segundo precio es una subasta en la que conviene pujar de acuerdo a las valuaciones propias. Es decir, pujar sinceramente es un equilibrio factible. En el caso de la subasta de bienes múltiples, pujar de manera sincera no es un equilibrio en la subasta de precio uniforme con bienes múltiples ni tampoco de la subasta en la que los postores pagan sus pujas, conocida como *pay as you bid*, también de bienes múltiples. (Ausubel, 2004 y Cramton, 2002).

D. Subasta de precio uniforme de pagas lo que pujas

Existen diversos mecanismos para asignar los bienes en el caso en que se subasten varios bienes homogéneos. Una opción de subasta es aquella en donde los postores establecen curvas de demanda (en un sobre cerrado) en donde expresan su disponibilidad a pagar dependiendo de las cantidades de bienes (homogéneos) que se les asigna. La labor del subastador es agregar las demandas individuales e igualar estas con la cantidad disponible de bienes (en el ejemplo, bonos de carbón). En un esquema de precio uniforme, todos pagan el precio en el que la demanda agregada (por el subastador) se iguala al precio^{3 4}. Existen otras subastas llamadas *pay as you bid auction*, en las que cada postor que ofreció por encima del precio de equilibrio paga el precio que ofreció por la cantidad que demandó. Un problema fundamental en las subastas es tratar de obtener la verdadera disponibilidad a pagar de los postores. Como se mencionó en el párrafo anterior, ni en la subasta de precio uniforme, ni en la subasta en donde se paga lo que se puja (*pay as you bid auction*) los postores tienen un incentivo a pujar sinceramente. En la subasta de tipo *pay as you bid* el postor tratará de adivinar el precio de equilibrio y pujará un poco por encima de éste, sin embargo no tendrá un incentivo a pujar su disponibilidad a pagar. En la subasta de precio uniforme, los postores no tienen el mismo incentivo a reducir su precio pues pagarán el precio de equilibrio. Sin embargo, en el caso en que los postores tengan poder de mercado entonces pueden tratar de disminuir el precio de equilibrio a través de pujar por debajo de su valuación (Ausubel, 2004). Esto genera cierta ineficiencia. De modo que bajo un escenario donde los postores no son sinceros entonces la subasta podrá no escoger a los postores con mayor valuación y por tanto la subasta será ineficiente. Por el contrario, una subasta se considera que es eficiente en el caso en que el bien (o bienes) son obtenidos por aquellos postores que más lo (los) valúan.

E. Subasta clock

La subasta de tipo *clock* es una subasta diferente. En esta subasta, el subastador pone los precios y para cada precio anunciado los postores anuncian la cantidad que desean comprar. En el caso en que existe exceso de demanda (en relación a la cantidad de bonos disponibles), el subastador sube el precio y pregunta de nuevo la magnitud de la cantidad demandada por cada postor al nuevo precio. El proceso continúa hasta que no existan excesos de demanda. Una característica importante de esta subasta es que los pagos no son iguales al precio final por la cantidad demandada por cada postor. Los pagos por unidades se calculan en

¹ Existen también las versiones dinámicas de la subasta de precio uniforme a sobre cerrado.

² También está la subasta de Vickrey para bienes múltiples, en el que se paga el costo de oportunidad de cada unidad que se gana. La subasta clock discutida en este estudio alcanza resultados similares a la de Vickrey, que es muy compleja de implementar en la práctica, no así la subasta clock (Ausubel, 2004)

³ En las versiones dinámicas de la subasta de precio uniforme, las subastas se realizan de manera abierta, los postores someten sus curvas de demanda, se encuentra el precio de equilibrio y la subasta continúa en la medida en que los postores deseen mejorar sus pujas (Cramton y Kerr, 2002).

⁴ Existen problemas de discretez de bienes que implican algún tipo de racionamiento en las asignaciones una vez que encontramos el precio de equilibrio, sin embargo no es necesario discutir eso para los fines de este trabajo.

cada ronda. Aquel postor que tiene una mayor cantidad demandada obtiene sus primeras unidades, siempre que (al precio prevaleciente), las demandas de los rivales sean menores que la oferta total. En ese caso se le asignan las primeras unidades al postor con mayor demanda de tal forma que las unidades asignadas más las unidades demandadas por los demás igualan la oferta total del bien. El precio al que se asignan las unidades es el precio que prevalecía en la ronda en que la asignación que ocurre. Debe notarse que sigue habiendo exceso de demanda porque la suma total de la demanda del postor (que obtiene las primeras unidades) más las demandas de los postores rivales son mayores a la oferta total. Lo que es igual a la oferta, es la suma de las primeras unidades asignadas al postor con mayor oferta y la suma de las demandas de los postores rivales (Ausubel, 2004).

En términos matemáticos puede suponerse que la oferta de bonos de carbono es igual a C y que en la ronda n el precio es p . Sea $z_{-i}(p)$ la demanda de los rivales de i , cuando el precio es p . En el caso en que $z_{-i}(p) < C$ y $z_i(p) = \max(z_j(p))$ para toda j , entonces $z_{in} = C - z_{-i}(p)$ se le asigna al jugador i en la ronda n al precio p (Ausubel, 2004). Asimismo es posible examinar también la situación para el postor con la segunda mayor demanda y observar que existan aun bienes disponibles una vez que se toma la demanda de los rivales y se encuentra que no hay excesos de demanda; este proceso continúa con el tercer mayor demandante, etc. Debe notarse que el pago de las unidades marginales se separa de las inframarginales, ya que los postores con mayor demanda van comprando sus primeras unidades a precios menores que el precio final. No existen los incentivos a esconder la demanda que observamos en los modelos reseñados anteriormente. La subasta termina en el momento en que se encuentra el precio en el que la cantidad demandada no supere a la oferta. Sin embargo, los pagos por las unidades no son al precio que iguala oferta y demanda sino al precio en que se le asignó en la ronda n . En la última ronda también se asignan bienes al precio de la última ronda.

F. Subasta *clock* simple

Existe una versión más simple de la subasta *clock* en el que todos pagan el mismo precio. Para fines de este trabajo la llamamos *clock simple*. En esta subasta se va subiendo el precio y los postores pujan sus cantidades a comprar. Sin embargo, todos pagan el precio final en el que la demanda es menor o igual a la oferta (Cramton y Kerr, 2002). El problema de esta subasta es similar al de la subasta a sobre cerrado y precio uniforme. Los grandes participantes tienden a disminuir su cantidad demandada con el fin de mantener los precios bajos. Una ventaja de esta subasta es que en el caso de que las valuaciones estén correlacionadas (como aparentemente ocurre con los bonos de carbono), las demandas de los demás postores a los precios reportados permiten ajustar las previsiones de los participantes en cuanto al valor real de los bienes a subastar; ello evita problemas como la maldición del ganador. Las subastas dinámicas tienen la ventaja de que permiten revelar la información privada de los participantes lo que posibilita a todos los participantes tener una mejor valuación de los bienes a adquirir⁵.

⁵ Esto siempre es útil cuando los valores son interdependientes. La subasta dinámica de precio uniforme, también evita la llamada maldición del ganador.

II. Comparación entre los esquemas de subastas

A. Eficiencia

La manera fundamental en que se compara el desempeño de las subastas es a través del concepto de eficiencia. Se define una subasta como eficiente en el caso en que el objeto subastado se asigna al participante que más lo valúa. Otra manera de evaluar una subasta es a través de medir el ingreso potencial que generará. Así, en el caso en que el objetivo del vendedor es maximizar el ingreso entonces se puede medir el desempeño de una subasta con base al ingreso esperado. En algunos casos se puede alcanzar los dos objetivos al mismo tiempo, se puede maximizar el ingreso y también se puede escoger al postor que más valúa el objeto como ganador. No siempre los criterios de eficiencia y maximización de ingresos están en conflicto.

Como se mencionó anteriormente, en el caso en que los postores tienen una alta participación de mercado entonces el esquema de subasta uniforme de un solo precio (a sobre cerrado) incentiva a estos participantes a reducir sus valuaciones con el fin de afectar el precio de equilibrio. Asimismo, en las subastas de pagas lo que pujas, también los postores tienen un incentivo a reducir sus pujas con el fin de pagar un precio cercano al precio de equilibrio. En este sentido ambas subastas son ineficientes. La subasta de tipo clock con precios inframarginales distintos, no presenta estos problemas. Los postores tienen un incentivo a revelar sus demandas, ya que los precios inframarginales son diferentes a los precios marginales. Los postores ganan por revelar sus demandas al obtener las primeras unidades más baratas. Ello hace a la subasta funcionar de manera eficiente.

Así, la subasta *clock simple* resuelve problemas relacionados con la maldición del ganador, pero también tiene ineficiencias en el sentido de que los postores que tengan mucha participación, tenderán a reducir sus demandas con el fin de disminuir el precio.

III. Preámbulo sobre subastas para México y Chile

La construcción de esquemas de bonos de carbono para Chile y México debe considerar las particularidades de cada país. En este estudio, se toman como base los escenarios construidos por CEPAL (2012) para Chile y por Banco Mundial (2009) para México respecto a un esquema de ahorro de emisiones para electricidad y transporte y con ello se construyen esquemas de bonos de carbono que podría implementarse con esos escenarios. Las situaciones para Chile y México son distintas, en particular el índice de Herfindahl de concentración es 10,000 en el caso de México (monopolio) para la generación de electricidad y en Chile el indicador es mucho más competitivo (923,9). En el esquema que se sugiere se subastan los bonos de carbono para uso en el sector transporte y en el sector de generación de energía eléctrica. Las diferencias de competencia en generación entre México y Chile harían que el esquema de subastas definido para México fuera menos flexible que el que se propondría para Chile.

Es además importante considerar que un esquema de precios de bonos de carbono es más eficiente que esquemas de restricciones cuantitativas de emisiones o propuestas de reducción no basadas en sistemas de precios. Ejemplos de restricciones cuantitativas son las obligaciones de reducción de porcentajes en la utilización de insumos contaminantes, o la obligación de incrementar en un porcentaje su utilización de insumos no contaminantes. La diferencia entre instrumentos de mercado o mecanismos cuantitativos es que la imposición de porcentajes hace que los costos marginales de reducción (*marginal abatement costs*) no se igualan entre empresas; ello implica que los costos marginales entre generadores de electricidad (por ejemplo) difieran; en este contexto, los precios no reflejan el costo de oportunidad de la reducción de emisiones, por lo que las oportunidades de emisión disminuyen (Aldy, *et al.*, 2009). Por lo tanto, es preferible utilizar, bajo ciertas condiciones, instrumentos de mercado frente a restricciones cuantitativas.

La propuesta es subastar los bonos de emisiones en una subasta que incorpore simultáneamente al sector transporte y al sector de generación de electricidad. Para estos sectores se dispone de información que permite aumentar la confiabilidad de la propuesta. La subasta se haría de manera separada en cada país: Chile y México. Escogimos dos sectores que pertenecen a áreas diferentes de la economía. En un sector corriente arriba (*upstream*), generación de electricidad, la imposición de restricciones a la emisión y la subasta de bonos de carbono, permitirá reducir la imposición de impuestos distorsionantes que es, en general, la mejor opción (Bovenber y Goulder,

2001). El segundo sector es el de transporte de pasajeros que por sus características es un sector corriente abajo (*downstream*); los ingresos de este sector se pueden usar para mejorar el transporte menos contaminante y también para la reducción de los impuestos distorsionantes o impuestos a la nómina. Los dueños de los vehículos tendrían que comprar bonos de carbón en proporción a las emisiones de sus vehículos.

Asimismo, es importante reiterar que los bonos no se deben regalar a las empresas afectadas por las restricciones. El subsidio de bonos solo se debe de hacer en casos en que existe un capital hundido (atorado) en grandes cantidades. De cualquier forma, simulaciones con modelos de equilibrio general con esquemas en donde se modelan endógenamente las decisiones de inversión y desinversión indican que el monto de bonos carbono que debe ser asignado gratis a las industrias es mucho menor al adoptado en muchas partes del mundo. Goulder, Hafsteda y Dworsky (2009) encuentran que “bajo un amplio esquema de diseños *cap and trade*, asignar gratis menos del 15 % de los permisos totales previene las pérdidas por activos atorados (*stranded*) por lo que regalar el 100 % sería indeseable” (Goulder, *et al.* 2009). Los ingresos de la subasta se pueden entonces utilizar para eliminar los impuestos a la nómina u otros impuestos altamente distorsionantes, lo que podría ayudar a incrementar el bienestar.

Existe un argumento adicional que justifica la venta de bonos en vez de regalarlos a las empresas afectadas. Los bonos de carbono incentivan a las empresas a innovar en tecnologías con menores emisiones, esto disminuye el valor de los bonos de carbono y por lo tanto las rentas de escasez que obtienen los poseedores de los bonos de carbono. En el caso en que los bonos se regalen a las empresas entonces las rentas de escasez que obtienen los emisores disminuyen sus incentivos a innovar en tecnologías con menores emisiones (Milliman y Richels, 1989).

Los bonos que se deben de emitir deben tener duración por varios años. Es decir, de emitirse un bono en 2008 que no se usa se puede guardar ese bono para otro año sin ningún problema. La posibilidad de usar los bonos en el futuro aumenta la liquidez del mercado y permite también instrumentar un mecanismo de préstamos y ahorro de bonos. La intertemporalidad de los bonos permite a su vez establecer mecanismos de derivados financieros, lo que permite a las empresas asegurarse frente a fluctuaciones en los precios de los bonos (Cramton y Kerr).

A. Chile

Para Chile se puede implementar un esquema de subasta de bonos de carbón entre todos los generadores de energía térmica y los poseedores de vehículos de transporte individual. Como se puede observar en el cuadro 1, el índice de Herfindahl-Hirschman indica que las condiciones de competencia son adecuadas por lo que no existe peligro de poder de mercado en la subasta (el índice es de 923,9). En el cuadro del anexo 1 se indica la antigüedad por planta y también el tipo de combustible.

Para el conjunto de la industria, la antigüedad de las centrales es de 12,17 años, utilizando el promedio simple, con una mediana de 6 años y una moda de 3 años. La tasa de depreciación anual utilizada para plantas de electricidad, en maquinaria y equipo varía entre 3,7 % (en el Reino Unido), en Chile se utiliza 3,2 % y hasta 6 o 7 % en otros países (por ejemplo India).

Asumiendo que el daño por los bonos de carbón no sólo afecta a la industria generadora sino que también a sus proveedores así como a sus usuarios⁶, el monto que se debe asignar gratis de bonos de carbono debe ser una parte proporcional pequeña, sobre todo si no se va a asignar a otros sectores no regulados (también afectados por la política), como son las minas de carbón o bien los consumidores finales de electricidad.

⁶ Es decir, los efectos de un modelo de equilibrio general implican que también afecte a los proveedores (por ejemplo minas de carbón), esto dependerá de la elasticidad de oferta de los proveedores y de la elasticidad de demanda de este tipo de bienes, lo mismo sucederá corriente abajo, con los usuarios de electricidad, que se verán afectados en los precios finales. Esto será útil porque permitirá disminuir la demanda del bien sucio (generación de electricidad) que es lo que se desea.

CUADRO 1
PARTICIPACIÓN DE EMPRESAS EN EL MERCADO E ÍNDICE HERFINDAHL

Participación de las empresas en el mercado de generación de energía eléctrica a partir de fuentes térmicas

Empresa	Potencia neta total (MW)	Participación de la empresa en el mercado (en porcentajes)
AES Gener	231,94	2,38
Andina	152,60	1,57
Angamos	488,30	5,02
Barrick	16,50	0,17
Beneo Orafti	0,50	0,01
Celta	172,20	1,77
Celulosa Arauco y Constitución S.A.	140,10	1,44
CEN	6,00	0,06
CGI Iansa	2,00	0,02
Colbun	1318,97	13,56
E-CL	1710,50	17,58
Edelaysen	25,07	0,26
Edelmag	99,57	1,02
Eléctrica Cenizas	15,30	0,16
Eléctrica Ventanas	242,00	2,49
Elektra Generación	36,00	0,37
Emelda	68,70	0,71
Endesa	1503,25	15,45
Energía verde	45,88	0,47
Energy Partners Chile	36,30	0,37
Enlasa	258,31	2,66
ENOR Chile	21,50	0,22
Enorchile	10,80	0,11
Equipos de Generación S.A.	6,60	0,07
Equipos Generación	13,60	0,14
Gas Sur	14,90	0,15
Gasatacama	767,80	7,89
Generadora del Pacífico S.A.	96,00	0,99
Guacolda	563,60	5,79
HBS Energía	2,20	0,02

Cuadro 1 (conclusión)

Empresa	Potencia neta total (MW)	Participación de la empresa en el mercado (en porcentajes)
Hidroeléctrica La Higuera	60,00	0,62
Hornitos	153,90	1,58
INKIA Energy	152,30	1,57
KDN Energía	12,32	0,13
Los Espinos	128,00	1,32
Masisa Econergía	9,60	0,10
Minera Valle central generación	23,10	0,24
Norgener	259,30	2,67
Nueva energía	17,60	0,18
Paneles Arauco S.A.	27,00	0,28
Petropower	66,50	0,68
Potencia Chile	96,00	0,99
S.E. Santiago S.A	462,68	4,76
Sagesa	137,14	1,41
Sasipa	4,93	0,05
SWC	23,70	0,24
Tecnored	25,10	0,26
Tomaval Generación	1,00	0,01
Total	9 727,16	100,00
INDICE DE HERFINDAHL		923,9

Fuente: Estadísticas, Comisión Nacional de Energía, Gobierno de Chile.

Adicionalmente, las simulaciones realizadas por Goulder, Hafstead, *et al.* (2009) indican que de asignarse el 100 % de los bonos de carbono a las empresas reguladas (en este caso los generadores de carbón), los beneficios de estas empresas llegan a aumentar hasta en un 135%. Esto indica, que bajo ningún escenario se deben subsidiar plenamente los bonos de carbono. El modelo de Goulder, Hafstead, *et al.* (2009) es un modelo de equilibrio general intertemporal, con capital específico y costos de ajuste en el monto de capital. Esto es, para deshacerse de capital es necesario pagar un costo por hacerlo, lo mismo que para aumentar el monto de capital. Goulder, Hafstead, *et al.* (2009) calculan que para compensar a las industrias con capital específico solo es necesario otorgar de manera gratuita un 15 % de los bonos de carbono a subastar.

El cuadro del anexo 1 muestra que aproximadamente el 45 % de las generadoras de electricidad de Chile usan carbón o diesel. Otro 40 % se basa en generación hidráulica y un 10 % es generada con ciclo combinado de gas. Esto, junto con el índice de concentración de Herfindahl–Hirschman (923,9) sugiere que puede existir un mercado apropiado de bonos para la industria de generación de electricidad en Chile.

CUADRO 2
ESCENARIOS DE EMISIONES EN LA INDUSTRIA DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA EN CHILE

Emisiones (en millones de toneladas métricas de CO ₂ equivalente)		
	Escenario sin intervención	Escenario con intervención
Año base 2008	22,61	22,61
Año final 2030	89,37	68,75

Fuente: CEPAL (2012) La Economía del Cambio Climático en Chile. Colección Documentos de Proyectos.

En el cuadro 2 se presentan los montos de emisiones que se deben alcanzar en el año 2030 para generación de electricidad. Se definen dos escenarios: un primer escenario sin intervención y un segundo escenario en el que se reducen las emisiones de generación de electricidad con un máximo de intervención. Las simulaciones asumen que la generación de electricidad se va a amoldar a las proyecciones que hace el documento de CEPAL (2012) en el escenario del máximo potencial de reducción⁷. Las proyecciones solo toman en cuenta la reducción en emisiones de electricidad asumidas en este escenario máximo potencial de reducción. La simulación asume que, como lo propone el documento, las emisiones con intervención completa en generación de electricidad se establecen en 68,75 millones de toneladas de CO₂ equivalente en el año 2030. Esto frente a un escenario base sin intervención de 89,37 millones de toneladas de CO₂ equivalente. La simulación calcula una tasa anual constante de crecimiento en emisiones desde 22,61 millones de toneladas en 2008 hasta 68,75 millones en 2030 (el escenario máximo potencial de reducción). Se asume un precio de carbón que se ilustra en el cuadro 3, el precio se ilustra en términos nominales, de modo que en términos reales existe un decrecimiento^{8 9}. Como lo ilustra el cuadro 3 los ingresos pasan (en términos nominales) de 294 millones a 1306 millones de dólares. Asumimos que solo el 15 % se entrega para problemas de capital atorado. Ello es ya un ingreso importante que puede ser utilizado para la disminución de impuestos distorsionantes. De cualquier forma, el otorgamiento de bonos por el 15 % gratis a los generadores de electricidad, sólo se debe hacer los primeros años en el que la intervención se anuncia, este regalo se debe reducir eventualmente a cero (en 12 años probablemente).

Los montos de emisiones para automóviles se sintetizan en el cuadro 4. Al igual que en el escenario para electricidad, los montos que se ponen en el cuadro son los escenarios sin intervención y en la intervención de máximo alcance de acuerdo al documento de la CEPAL. Adicionalmente a los límites de emisión, el escenario asume que las tecnologías mejoran en las emisiones de autos de tal forma que para el 2020 las emisiones de autos se reducen a la mitad por auto de lo que son ahora y del

⁷ Este escenario corresponde a eficiencia energética en el sector energético, escenario óptimo en generación eléctrica, eficiencia energética en el sector transporte y uso óptimo de biocombustibles. El escenario utilizado solo toma en cuenta los ahorros en generación de electricidad respecto a un escenario base determinado por el documento.

⁸ Los precios planteados decrecen en términos reales, son una estimación arbitraria. La subasta se realiza precisamente para descubrir el precio apropiado, en caso de que lo supiéramos de antemano no tendría caso realizar las subastas.

⁹ Es posible que el precio se sobreestime al principio sobretodo porque el escenario base se parece mucho al escenario de intervención, pero conforme se vayan separando los dos escenarios es muy probable que los precios aumenten más de lo que se indica en la tabla.

2020 al 2030 se reducen en un 25 % (también por auto)¹⁰. Se asume que esta mejora en la tecnología afecta al 10 % de los autos cada año. El escenario asume que se pasa de las 25,85 millones de toneladas de CO₂ equivalente en 2008 a 44.14 en 2030¹¹.

CUADRO 3
EMISIONES E INGRESOS POTENCIALES BAJO EL ESCENARIO DE INTERVENCIÓN
EN LA INDUSTRIA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE

Escenario con intervención			
Año	Emisiones (en millones de toneladas métricas de CO ₂ equivalente)	Precio de carbón por tonelada métrica (en dólares)	Ingresos potenciales de bonos de carbono para industria eléctrica (en millones de dólares)
2008	22,61	13	293,9
2009	23,78	17	404,3
2010	25,02	20	500,3
2011	26,31	20	526,2
2012	27,68	22	608,9
2013	29,11	22	640,4
2014	30,62	22	673,6
2015	32,21	21	676,4
2016	33,88	21	711,4
2017	35,63	21	748,3
2018	37,48	21	787,1
2019	39,42	20	788,5
2020	41,47	19	787,9
2021	43,62	19	828,8
2022	45,88	19	871,7
2023	48,26	19	916,9
2024	50,76	19	964,4
2025	53,39	19	1014,5
2026	56,16	19	1067,0
2027	59,07	19	1122,4
2028	62,13	19	1180,6
2029	65,36	19	1241,8
2030	68,74	19	1306,1

Fuente: CEPAL (2012) La Economía del Cambio Climático en Chile. Colección Documentos de Proyectos.

¹⁰ Estos supuestos son consistentes con las restricciones cuantitativas en consumo de combustible impuestas por algunas agencias regulatorias de emisiones, por ejemplo la Environmental Protection Agency (EPA, 2012).

¹¹ Este es el escenario de potencial de reducción máxima en el estudio de la CEPAL para Chile (2012).

CUADRO 4
ESCENARIOS DE EMISIONES DEL SECTOR DE TRANSPORTE EN CHILE

Emisiones (en millones de toneladas métricas de CO ₂ equivalente)		
	Escenario sin intervención	Escenario con intervención
Año base 2008	25,85	25,85
Año final 2030	69,82	44,15

Fuente: CEPAL (2012) La Economía del Cambio Climático en Chile. Colección Documentos de Proyectos.

CUADRO 5
**INGRESOS POTENCIALES BAJO EL ESCENARIO DE INTERVENCIÓN
EN EL SECTOR DE TRANSPORTE DE CHILE**

Año	Escenario con intervención	
	Precio del carbón por tonelada métrica (en dólares)	Ingresos potenciales de bonos de carbono para autos (en millones de dólares)
2008	17	
2009	20	136,1
2010	20	155,8
2011	22	151,6
2012	22	162,2
2013	22	157,8
2014	21	153,5
2015	21	142,6
2016	21	138,7
2017	21	134,9
2019	19	121,6
2020	19	112,4
2021	19	111,6
2022	19	110,7
2023	19	109,8
2024	19	109,0
2025	19	108,2
2026	19	107,3
2027	19	106,5
2028	19	105,7
2029	19	104,9
2030	19	104,1

Fuente: CEPAL (2012) La Economía del Cambio Climático en Chile. Colección Documentos de Proyectos.

La simulación calcula el parque vehicular y las emisiones que se generarán tomando en cuenta las mejoras en las emisiones de autos y el hecho de que un 10 % se renueva por año. Asimismo, se respeta el techo de 44,14 millones de toneladas de CO₂ para el 2030. El cuadro 5 presenta los ingresos potenciales por subasta, estos pasan de 136 millones de dólares en 2008 a 104 millones en 2030. La reducción se debe al escenario de precios y a la mejora en la tecnología de emisiones de autos. Es posible que el escenario de precios de los bonos sea muy optimista aunque, al final sólo la subasta lo podrá definir. Los ingresos se deben utilizar para mejorar el transporte público y para reducir impuestos distorsionantes como sugieren Bovenberg y Goulder (2001).

1. Detalles de la subasta en Chile

La información disponible muestra que los niveles de competencia y el tamaño del nivel de generación de emisiones son suficientes para tener una subasta y un mercado activo de bonos de carbono en Chile. La subasta ideal sería la de *clock simple*. Esta subasta, al permitir que la información fluya libremente entre los postores, permite evitar problemas como la maldición del ganador. Considerando que, para 2008, la electricidad generaba 22,8 millones de toneladas de CO₂ y el transporte individual 25,85 millones y tomando en cuenta que la compañía generadora con más participación tiene un 15% de la generación en el mercado total, la mayor compañía tendrá menos del 7% de participación, lo que no generaría temor a poder de mercado. Esto es importante atendiendo a que la subasta *clock simple* no funcionaba en caso de que existe un poder de mercado significativo en algunos de los participantes. Sin embargo, no parece existir el peligro de que esto ocurra en una subasta de bonos de carbono en Chile.

Un segundo tema es que la mayoría de los compradores en el mercado de transporte son muy pequeños. Existen varios caminos para incorporar a estos participantes. Por un lado se les debe aceptar el que compren hasta una cierta cantidad de bonos de manera individual, (por ejemplo 50 toneladas) pero la compra sería al precio que determina la subasta, en otras palabras sería una compra en firme. Las compras así definidas serían sustraídas de la oferta total de bonos y se subastaría el remanente. Adicionalmente, sería importante incorporar a instituciones financieras o comercializadores que compren bonos para su asignación al mercado de transporte o bien al mismo de generación¹². Asimismo, dado que los bonos se podrían usar para cualquier año presente o futuro, la participación de instituciones bancarias facilitaría la comercialización así como un mercado de crédito en bonos (con posibles derivados).

La idea fundamental consiste en dividir al mercado entre grandes compradores y pequeños compradores; los pequeños compradores podrían comprar directamente en la subasta, pero al precio de equilibrio. La demanda de estos pequeños compradores se sustrae de la oferta total de bonos y se subasta el remanente entre los grandes compradores a través de una *clock simple*. Los grandes compradores estarían compuestos de comercializadores (bancos) y también de compañías generadoras de electricidad. En caso de que hubiera poder de mercado, en el sentido de que alguno de los grandes participantes pudiera comprar arriba de un 20 % se podría repensar la subasta hacia una *clock* como la sugerida para México. Dado que los pequeños compradores no son estratégicos y que su demanda es relativamente inelástica (necesitan los bonos para usar sus autos), restar la demanda de estos de la oferta total no debería afectar el resultado de la subasta y tampoco habría problemas de asignación ineficiente. Los pequeños compradores tendrían que comprar los bonos al precio en que termina la subasta, o bien obtenerlos en el mercado bancario.

¹² Así funciona, por ejemplo, el mercado de CETES (Certificados de la Tesorería) en México, los bancos compran y luego lo colocan en el público.

B. México

En el caso mexicano, la Comisión Federal de Electricidad es la que genera el 100 % de la electricidad, ya sea con contratos de largo plazo con proveedores independientes de electricidad (*independent private providers*) o bien directamente ya que posee todas las demás plantas. La mayoría de las plantas de productores privados independientes son de ciclo combinado. Sin embargo CFE, tiene una gran cantidad de plantas de carbón de coque y de otros tipos altamente generadoras de gases de efecto invernadero. Un 79% de la capacidad de generación es de combustible fósil, entre los que se encuentran petróleo, gas natural, carbono y un poco de diésel. Para 2005, el carbón participaba con 15%, petróleo con 28% y gas con 36%. Asimismo las hidroeléctricas generan el 19%, la nuclear el 2,3%, geotérmicas 1.6%, biomasa un 0,6%. Respecto a la emisión de gases de efecto invernadero la generación de electricidad es responsable del 26% de las emisiones con un monto de 142000 toneladas de emisiones de CO₂ (Banco Mundial, 2009). Proyecciones del Banco Mundial indican que, dada la tasa de crecimiento esperada del PIB y de la demanda de energía, se espera que para el 2030 se emitan 322000 toneladas de emisiones de CO₂.

La instrumentación de un esquema de subasta de bonos de carbono en México, enfrenta problemas de poder de mercado. En la generación, una sola empresa lo controla (Comisión Federal de Electricidad). Asimismo, de extenderse la venta de bonos de carbono a refinería y petróleo, nos enfrentamos con problemas similares, pues PEMEX es la única entidad, autorizada por la Constitución, para operar en tales áreas. Otra industria que podrían ser sujeta a la imposición de *cap and trade*, como cemento, también muestra una alta concentración (de acuerdo a datos de la COFECO para 2005 el índice de Herfindahl-Hirshman era de 3186, lo que en general se considera no competitivo, tan sólo CEMEX participa con el 50% de las ventas de cemento a nivel nacional. Véase Comisión Federal de Competencia CEMEX, S.A. de C.V. Expediente DE-017-2006). La preponderancia de condiciones monopólicas dificulta la implementación de una subasta. La sugerencia es implementar un esquema de subasta en los mismos sectores que para Chile: Industria de generación de electricidad e industria del transporte. Sin embargo el poder de mercado potencial que podría ejercer la Comisión Federal de Electricidad obliga a definir una subasta diferente para México.

El transporte en México es el mayor generador de gases de efecto invernadero. En 2007 el transporte en México generaba un total de 167000 toneladas de CO₂. Se anticipa que en caso de que el crecimiento del ingreso *per cápita* y el crecimiento de México continúen de acuerdo a las proyecciones del Banco Mundial, entonces en el año 2030 el monto de toneladas de CO₂ será de 347000 (Banco Mundial, 2009). Es necesario entonces instrumentar una política de precios que reduzca estas emisiones. Esta política implica subastar los derechos a circular que variarán de acuerdo a las emisiones de los autos. De esta forma en el caso en que un auto emite el doble de CO₂ pagará el doble en bonos en relación a otro. El programa de Low-carbon development for Mexico (Banco Mundial, 2009) plantea una serie de sugerencias respecto a la reducción de emisiones mediante la mejora de transporte masivo con rutas de metrobús y optimización del sistema de transporte colectivo, asimismo, busca favorecer el transporte no contaminante (bicicletas). Así, el financiamiento y la planeación de un sistema de transporte masivo son complementarios a un esquema de restricciones en base a bonos para circular.

Con el fin de tener una idea aproximada de los resultados de una subasta, se realizaron diversas simulaciones para las emisiones de electricidad y las emisiones de transporte basadas en el Documento: Low-Carbon Development for Mexico. En el caso de electricidad se plantea en el documento que las emisiones para 2008 eran de 142 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalente. En un escenario base, sin intervención, se anticipa que estas emisiones, por parte de la generación de electricidad, llegarían a 322 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalentes. El documento plantea que en un escenario con intervención, donde se modifican los métodos de generación hacia tecnologías más limpias (eólicas por ejemplo) entonces la generación podría llegar a 259 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalentes.

CUADRO 6
ESCENARIOS DE EMISIONES EN LA INDUSTRIA DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA EN MÉXICO

Emisiones (en millones de toneladas métricas de CO ₂ equivalente)		
	Escenario sin intervención	Escenario con intervención
Año base 2008	142	142
Año final 2030	322	259

Fuente: Estimaciones propias; y World Bank (2009), Low Carbon Development for Mexico.

El escenario planteado en la subasta de bonos de carbono asume que se respeta el límite de los 259 millones y que se implementa un esquema de bonos de carbono. Se asume una tasa de crecimiento constante entre 2008 y 2030 para llegar a ese nivel. Asimismo, los precios de la tonelada de carbono se plantean en el cuadro 7. Estos precios son calculados bajo el supuesto de que caen en términos reales. El objetivo de la subasta es precisamente determinar este precio. De conocerse este precio de antemano, no habría necesidad de elaborar una subasta. Los ingresos potenciales se ilustran en el cuadro 7. De acuerdo al cuadro y dados los precios estimados, los ingresos por bonos podrían ser, aproximadamente de 1846 millones de dólares para el año 2008 y de 4920 millones de dólares para el año 2030. Estos ingresos pueden ser utilizados para reducir impuestos distorsionantes.

Para el sector de transporte se consideran las propuestas de implementación de transporte masivo y de alternativas de transportación. En 2008 las emisiones de autos (transporte individual) generaban el 72% de las emisiones totales del sector transporte. Asimismo, el programa de intervención del Banco Mundial establece una reducción de las emisiones de 347 para todo el sector transporte a 185 toneladas. Dada la intervención para hacer eficiente el transporte público y las propuestas del documento del Banco Mundial¹³, resulta factible suponer que la participación de las emisiones de autos pasa de 72% a 90% en el año 2030. Esto significa que las emisiones de autos pasarían de 120,24 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalente a 166,5 millones de toneladas para el año 2030 (usando las proyecciones del Banco Mundial), asumiendo una tasa de crecimiento constante en emisiones. Asimismo, se asume que para el año 2020 los autos generan la mitad de emisiones que las actuales y que para el 2030 este porcentaje disminuye en un 25% adicional.

Dadas estas restricciones, se asume además que el parque vehicular aumenta en un 1,5% al año y que su tasa de reemplazo es del 10% anual. Con estos supuestos se presenta en el cuadro 9 el número de autos que tendrán derecho a bonos de carbono hasta el año 2030. Asimismo, se presentan también en el cuadro 9 los ingresos que se generarían, dados los precios asumidos de la tonelada de carbón (iguales a los de electricidad y a los planteados para Chile). Es posible notar entonces que los ingresos pasan de 1379 millones de dólares en el año 2008 a 1086 millones de dólares para el año 2030. La razón de la disminución son los precios por tonelada de carbón donde se supone que disminuyen a lo largo del tiempo. A fin de cuentas, la tendencia dependerá de la innovación tecnológica en reducción de emisiones, del crecimiento de la economía y de la mejora en eficiencia de otros sistemas de transportación menos contaminantes. Asimismo dependerá de la reducción de emisiones en las industrias de generación de electricidad que también afectarán el precio.

¹³ Entre ellas están reducir el tamaño de las áreas geográficas de las ciudades, usar transporte no contaminante (bicicletas) y una mayor eficiencia del transporte público.

CUADRO 7
EMISIONES E INGRESOS POTENCIALES BAJO EL ESCENARIO DE INTERVENCIÓN
EN LA INDUSTRIA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO

Escenario con intervención			
Año	Emisiones (en millones de toneladas métricas de CO ₂ equivalente)	Precio de carbón por tonelada métrica (en dólares)	Ingresos potenciales de bonos de carbono para industria eléctrica (en millones de dólares)
2008	142,00	13	1 846,0
2009	145,93	17	2 480,9
2010	149,97	20	2 999,5
2011	154,13	20	3 082,6
2012	158,40	22	3 484,7
2013	162,78	22	3 581,2
2014	167,29	22	3 680,4
2015	171,92	21	3 610,4
2016	176,69	21	3 710,4
2017	181,58	21	3 813,2
2018	186,61	21	3 918,8
2019	191,78	20	3 835,5
2020	197,09	19	3 744,6
2021	202,55	19	3 848,4
2022	208,15	19	3 954,9
2023	213,92	19	4 064,5
2024	219,84	19	4 177,0
2025	225,93	19	4 292,7
2026	232,19	19	4 411,6
2027	238,62	19	4 533,8
2028	245,23	19	4 659,3
2029	252,02	19	4 788,4
2030	259,00	19	4 921,0

Fuente: Estimaciones propias; y World Bank (2009), Low Carbon Development for Mexico.

CUADRO 8
ESCENARIOS DE EMISIONES DEL SECTOR DE TRANSPORTE EN MÉXICO

Emisiones (en millones de toneladas métricas de CO ₂ equivalente)		
	Escenario sin intervención	Escenario con intervención
Año base 2008	120,24	120,24
Año final 2030	312,30	166,50

Fuente: Estimaciones propias; y World Bank (2009), Low Carbon Development for Mexico.

CUADRO 9
PROYECCIÓN DE AUTOS E INGRESOS POTENCIALES BAJO EL PRIMER ESCENARIO
DE INTERVENCIÓN EN EL SECTOR DE TRANSPORTE DE MÉXICO

Primer escenario con intervención		
Año	Proyección de autos (en millones)	Ingresos por subasta (en millones de dólares)
2008	24,00	1 379,0
2009	24,50	1 737,6
2010	25,01	1 969,7
2011	25,53	1 897,9
2012	26,06	2 011,6
2013	26,61	1 938,3
2014	27,16	1 867,6
2015	27,73	1 717,7
2016	28,31	1 655,1
2017	28,90	1 594,8
2018	29,50	1 536,6
2019	30,11	1 410,1
2020	30,74	1 290,8
2021	31,31	1 268,7
2022	31,89	1 247,0
2023	32,49	1 225,7
2024	33,09	1 204,7
2025	33,71	1 184,1
2026	34,33	1 163,9
2027	34,97	1 144,0
2028	35,62	1 124,4
2029	36,28	1 105,2
2030	36,96	1 086,3

Fuente: Estimaciones propias; y World Bank (2009), Low Carbon Development for Mexico.

Bajo el supuesto de un escenario más agresivo (véase el cuadro 10) en el que se permite crecer a los autos a una tasa de 2,5% anual (lo que implica sobrepasar el límite de emisiones para el año 2030), entonces en vez de obtener 36 millones autos para 2030 se podría tener un número de autos cercano a 46 millones. En ese caso, los ingresos por emisiones de bonos serían aproximadamente de 1352 millones en el año 2030.

1. Subasta ideal para México

Dada la participación de mercado de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el mercado de generación, es necesario implementar una subasta que controle el poder de mercado de ésta. La propuesta de este documento toma en cuenta que, conjuntamente, generación de electricidad y transporte de automóviles generan 262,24 millones de toneladas equivalentes para el año 2008 y que la generación de electricidad aporta el 54% de estas emisiones dejando para los autos el 46% de las emisiones. Una subasta como la propuesta para Chile (*clock simple*) tendría problemas porque la CFE actuaría estratégicamente para disminuir su demanda con el fin de reducir los precios. Dada entonces se alta participación de mercado y que el objetivo es que los postores revelen sus verdaderas valuaciones, la subasta *clock simple* no funcionaría.

CUADRO 10
PROYECCIÓN DE AUTOS E INGRESOS POTENCIALES BAJO EL SEGUNDO ESCENARIO
DE INTERVENCIÓN EN EL SECTOR DE TRANSPORTE DE MÉXICO

Segundo escenario con intervención		
Año	Proyección de autos (en millones)	Ingresos por subasta (en millones de dólares)
2008	24,00	1 379,0
2009	24,75	1 755,1
2010	25,52	2 009,5
2011	26,31	1 955,7
2012	27,13	2 093,7
2013	27,97	2 037,6
2014	28,84	1 983,0
2015	29,74	1 842,2
2016	30,66	1 792,9
2017	31,62	1 744,9
2018	32,60	1 698,2
2019	33,61	1 574,0
2020	34,66	1 455,3
2021	35,65	1 444,6
2022	36,68	1 434,0
2023	37,73	1 423,5
2024	38,81	1 413,1
2025	39,93	1 402,7
2026	41,08	1 392,5
2027	42,26	1 382,3
2028	43,47	1 372,2
2029	44,72	1 362,1
2030	46,00	1 352,1

Fuente: Estimaciones propias; y World Bank (2009), Low Carbon Development for Mexico.

Para el caso de México es mejor implementar una subasta clock en el que el pago de las unidades inframarginales se separen del pago de las unidades marginales. Esto con el fin de que los operadores que tengan una gran disponibilidad a comprar (y pagar) como la CFE revelen sus esquemas de demanda de manera sincera. En la subasta clock los montos de bonos que se van a comprar se pagan a distintos precios, dependiendo de la ronda de la subasta en la que se asignaron los bonos. Así, suponiendo entonces que la oferta de bonos de carbono es igual a C y que la subasta está en la ronda n con el precio p . De este modo, sea $z_{-i}(p)$ la demanda de los rivales de i , cuando el precio es p . Si $z_{-i}(p) < C$ y $z_i(p) = \max(z_j(p))$ para toda j , entonces $z_{in} = C - z_{-i}(p)$ se le asigna al jugador i en la ronda n al precio p . Asimismo, es posible examinar también la situación para el postor con la segunda mayor demanda e identificar la posible presencia de bienes disponibles una vez que se toma la demanda de los rivales y se encuentra que no hay excesos de demanda. Lo mismo se hace para el tercer postor y así sucesivamente. Notemos que el pago de las unidades marginales se separa de las inframarginales, ya que los postores con mayor demanda van comprando sus primeras unidades a precios menores que el precio final. En el planteamiento matemático definido arriba, el postor i paga el precio de la ronda n , que no es el precio final. Esto permite que los postores actúen sinceramente.

Un segundo tema relacionado con la subasta tiene que ver con los participantes en ella. Como en el caso de Chile se debe permitir la participación de comercializadores de bonos (instituciones bancarias) que comercialicen los bonos y que desarrollen mercados de crédito en ellos. Los bonos no deben tener fecha de caducidad con el fin de que puedan ser usados en cualquier momento actual o futuro. Como en el caso de Chile, debe tomarse en cuenta que la mayoría de los compradores en el mercado de transporte son muy pequeños. Existen varios caminos para incorporar a estos participantes. Por un lado se les debe aceptar el que compren hasta una cierta cantidad de bonos de manera individual, (por ejemplo 50 toneladas) pero la compra sería al precio final en el que termina la subasta, en otras palabras sería una compra en firme. Las compras así definidas serían sustraídas de la oferta total de bonos y se subastaría el remanente en la subasta *clock*. Al igual que se razonó antes, es probable que estos usuarios (de bonos) tengan demandas inelásticas (necesitan los bonos para su vehículo) lo que evitaría asignaciones ineficientes.

Como en el ejemplo chileno los participantes pequeños podrían obtener sus bonos en la subasta (al precio final) o bien en el mercado de los comercializadores (bancos). La presencia de comercializadores permitiría el desarrollo de créditos de bonos y también la implementación de derivados, lo que permitiría a los participantes asegurarse contra fluctuaciones en los precios de los bonos.

Al igual que en el caso de Chile no se deben regalar los bonos a las compañías generadoras, a lo mucho por el 15% de las emisiones (de acuerdo a las simulaciones de Goulder, Hafstead, *et al.* (2009)). Los montos de los ingresos serían para financiar transporte menos contaminante y para reducir la imposición tributaria distorsionante.

IV. Conclusiones

Las necesidades de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático han conllevado a la generación de una gran cantidad de esquemas para disminuir las emisiones. Así, existen, por ejemplo, documentos para México, “La Economía del Cambio Climático en México” (Galindo, 2009), “Low-Carbon Development for Mexico”, (Banco Mundial, 2009) y Chile, La Economía del Cambio Climático en Chile, (CEPAL, 2012) que establecen una serie de propuestas que ayudan a la reducción en la emisión de gases efecto invernadero. Varias de las propuestas están basadas en esquemas de sustitución en la generación por energías más limpias o en una administración más eficiente de los sistemas de transportación. Muchas de las propuestas de optimización en la administración en sistemas de transportación son implementables sólo con un mejor desempeño de las ciudades o municipios. Sin embargo, los incentivos económicos para llevar a cabo estas propuestas no siempre están presentes. Asimismo, en el mundo existen muchas propuestas de restricciones cuantitativas que tienen como objetivo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Tales son las normas que la EPA (Environmental Protection Agency) ha impuesto sobre límites de emisiones de gases de efecto invernadero para el futuro a la industria automotriz (EPA, 2012).

En este documento se analiza la posibilidad de utilizar un sistema de precios como mecanismo de control de los gases de efecto invernadero. Este sistema de precios es un mecanismo más eficiente para reducir las emisiones (que aquellos que proponen únicamente restricciones cuantitativas). El sistema de precios se encarga de generar los incentivos para emitir menos. Asimismo, como se menciona en el texto, un esquema de bonos de carbono permite la igualación de los costos marginales de reducción entre diversas actividades e industrias lo que genera un precio único para las emisiones.

La instrumentación de la reducción de los gases de efecto invernadero a través del sistema de precios no está exenta de problemas. Desde el año 1999, Robert Wilson de la Universidad de Stanford definió lo que se ha dado en llamar arquitectura de mercados (Wilson, 1999). Esta literatura utiliza resultados analíticos de la teoría de subastas (basados en la teoría de juegos) y modelos de apareo para diseñar mecanismos que subsanen fallas de mercado. La idea de este documento es retomar esta literatura para proponer un esquema de subasta de bonos de carbono. De este modo, las propuestas sugeridas en este trabajo se basan en desarrollos de teóricos de subastas (en particular Lawrence Ausubel (2004), Peter Cramton (2002) y Paul Milgrom(2004)).

El diseño de una subasta depende de las especificidades de los participantes y del tipo de bien que se va a subastar. Las subastas de múltiples objetos han sido tratadas desde los tiempos de Vickrey (1961), sin embargo la implementación de una subasta al estilo Vickrey es difícil de llevar a cabo en el mundo real por su complejidad. No obstante, el concepto de costo de oportunidad como pago por las unidades adquiridas, definido en esta subasta subsiste en subastas más modernas. La subasta *clock* desarrollada por Ausubel (2004) ha permitido implementar resultados similares a los de Vickrey en un esquema más simple de instrumentar. Esta subasta elimina los incentivos para que los participantes reduzcan sus pujas tratando de afectar el precio final de los bonos. Así, en situaciones con poder de mercado en el que los participantes tienen más incentivos a actuar de esta forma, la subasta *clock* puede resultar en un esquema que permita reducir el poder de estos participantes. Es por eso que se sugiere que para México se desarrolle un esquema *clock*¹⁴.

En el caso en donde el poder de mercado no es problema pero existe el problema de que los postores no tengan información adecuada sobre el valor del bien a subastar (valores interdependientes con información parcial), es mejor tener un esquema de subasta de formato abierto en el que los participantes puedan ajustar sus expectativas sobre el valor de los bonos, una vez que observan las pujas de los demás. Con este mecanismo se evitan problemas como la maldición del ganador y los ingresos (fiscales) de la venta de bonos tienen un mayor valor esperado. Por esta razón sugerimos para Chile un esquema de subasta *clock simple*.

Las simulaciones presentadas tienen el problema de que se asume un precio de los bonos de carbón para el futuro que puede no cumplirse. Sin embargo, para el primer año, los precios no están alejados de los precios que se observaron en Europa (antes de la recesión). Por esta razón creemos que para el primer año, los ingresos fiscales calculados pueden no estar muy alejados de la realidad.

¹⁴ La subasta *clock* también resuelve el problema de la maldición del ganador, razón por la que se utiliza la subasta *clock simple* en Chile.

Bibliografía

- Aldy, J., A. Krupnick, R. Newell, *et al.*, (2009), “Designing Climate Mitigation Policy”, WP 15022, NBER
- Ausubel, L.M (2004) “An Efficient Ascending-Bid Auction for Multiple Objects”, *American Economic Review*, vol.94-5m.
- Banco Mundial (2009) “Low-Carbon Development for Mexico”. Washington, D.C.
- Bovenberg A.L y L. Goulder (2001) “Environmental Taxation and Regulation” NBER WP. 8458.
- CEPAL (2012) “La Economía del Cambio Climático en Chile”, Colección Documentos de Proyectos.
- Cramton P. y S. Kerr (2002) “Tradeable Carbon Permit Auctions. How and why to auction not grandfather”, *Energy Policy*, N.30, pp. 333-345.
- EPA (2012) “EPA and NHTSA Set Standards to Reduce Greenhouse Gases and Improve Fuel Economy for Model Years 2017-2025 Cars and Light Trucks”.
- Galindo, L.M. (2009) “La Economía del Cambio Climático en México”. Síntesis.
- Goulder, L.H., M.A. Hafstead y Michael Dworsky (2009) “Impacts of Alternative Emissions Allowance Allocation Methods Under a Federal Cap-and-Trade Program”, NBER WP.
- Krishna, V. (2002) “Auction Theory”, Academic Press, London.
- Milgrom, P. (2004) “Putting Auction Theory to Work”, Cambridge University Press.
- _____ (1982) “A Theory of Auctions and Competitive Bidding”, *Econometrica*, vol. 50.
- Milliman S. y R. Richels (1989) “Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control”, *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 17.
- Vickrey, W (1961), “Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders,” *Journal of Finance*
- Wilson, R. (1999) “Market Architecture”, mimeo GSB, Stanford University.

Anexo

CUADRO A.1
LA INDUSTRIA DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CHILE

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
ANDINA	Termoeléctrica Angamos	CTA	2011	1	Carbón	Petcoke	Carbón + Petcoke	152,6
ANGAMOS	TERMOELÉCTRICA TARAPACÁ	ANG1 ANG2	2011 2011	1 1	Carbón Carbón			244,0 244,3
CELTA	TERMOELÉCTRICA TARAPACÁ	CTTAR TGTAR	1999 1998	13 14	Carbón Petróleo Diesel	Fuel Oil		148,5 23,7
E-CL	DIESEL ARICA	GMAR MIAR M2AR	1973 1953 1964	39 59 48	Petróleo Diesel Petróleo Diesel Petróleo Diesel			8,4 2,9 2,8
	DIESEL ENAEX	CUMMINS DEUTZ MAIQ MIQ	1996 1996 1972 1963	16 16 40 49	Petróleo Diesel Petróleo Diesel Petróleo Diesel + Fuel Oil Petróleo Diesel			0,7 2,0 5,6 2,8
	DIESEL IQUIQUE	MSIQ SUIQ TGIQ	1985 1957 1978	27 55 34	Petróleo Diesel + Fuel Oil Petróleo Diesel Petróleo Diesel			5,9 4,1 23,6

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW	
E-CL	DIESEL MANTOS BLANCOS	MIMB	1995	17	Petróleo Diesel + Fuel Oil	Petróleo Diesel		27,9	
		CTM1	1995	17	Carbón	Carbón + Petcoke	Fuel Oil	154,9	
		CTM2	1998	14	Carbón	Carbón + Petcoke		164,0	
	TERMOELÉCTRIC A MEJILLONES	CTM3	2000	12	Gas Natural	Petróleo Diesel		243,2	
		SUTA	2009	3	Fuel Oil	Petróleo Diesel		99,0	
		TG1	1975	37	Petróleo Diesel			24,6	
	TERMOELÉCTRIC A TOCOPILLA	TG2	1975	37	Petróleo Diesel			24,8	
		TG3	1993	19	Gas Natural	Petróleo Diesel		37,2	
		U10	1970	42	Fuel Oil			36,0	
		U11	1970	42	Fuel Oil			36,0	
		U12	1983	29	Carbón	Carbón + Petcoke	Fuel Oil	79,6	
		U13	1985	27	Carbón	Carbón + Petcoke	Fuel Oil	79,8	
		U14	1987	25	Carbón	Carbón + Petcoke	Fuel Oil	127,7	
	ENORCHILE	DIESEL ZOFRI	U15	1990	22	Carbón	Carbón + Petcoke	Fuel Oil	124,1
			U16	2001	11	Gas Natural	Petróleo Diesel		393,0
			ZOFRI_1-6	2007	5	Petróleo Diesel			0,9
ZOFRI_2-5			2007	5	Petróleo Diesel			5,2	
EQUIPOS DE GENERACIÓN S.A.	DIESEL INACAL	ZOFRI_7-12	2009	3	Petróleo Diesel			4,8	
		INACAL	2009	3	Fuel Oil			6,6	

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
GASATACAMA	ATACAMA	CC1	1999	13	Gas Natural	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	389,5
		CC2	1999	13	Gas Natural	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	378,3
HORNITOS	TERMOELÉCTRICA HORNITOS	CTH	2011	1	Carbón	Petcoke	Carbón + Petcoke	153,9
NORGENER	TERMOELÉCTRICA NORGENER	NT01	1995	17	Carbón	Carbón + Petcoke	Fuel Oil	127,4
		NT02	1997	15	Carbón	Carbón + Petcoke	Fuel Oil	131,9
AES-GENER	SALTA	CC SALTA**	2011	1	Gas Natural	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	226,8
AES-GENER	Ventanas 1		1964	48	Carbón			108,7
	Ventanas 2		1977	35	Carbón			207,1
	Laguna Verde TG		2004	8	Petróleo Diesel			18,7
	Los Vientos		2007	5	Petróleo Diesel			124,4
	Santa Lidia		2009	3	Petróleo Diesel			131,3
	Laguna Verde TV		1944	68	Petróleo Diesel			45,6
ARAUCO	Horcones TG		2004	8	Petróleo Diesel	Gas Natural	Gas Natural	24,3
BIOENERGIA	Nueva Aldea II		2006	6	Petróleo Diesel			10,0
BARRICK	Punta Colorada IFO		2010	2	Petróleo Diesel			16,5
BENEO-ORAFIT	Orafiti		2009	3	Petróleo Diesel			0,5
CELULOSA								
ARAUCIO Y CONSTITUCIÓN S.A.			1996	16	Biomasa-Petróleo N°6			30,1
	Arauco							

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
	Licanten		2004	8	Biomasa-Petróleo N°6			4,0
	Valdivia		2004	8	Biomasa-Petróleo N°6			61,0
	Nueva Aldea III		2008	4	Biomasa			37,0
	Celco		1996	16	Biomasa-Petróleo N°6			8,0
CEN	Maule		2007	5	Petróleo Diesel			6,0
CGI IANSA	Planta Curicó		2009	3	Carbón			2,0
COLBUN	Nehuenco I		1998	14	Gas Natural	Petróleo Diesel	GNL	373,6
	Nehuenco 9B		2002	10	Gas Natural	Petróleo Diesel	GNL	102,0
	Nehuenco II		2003	9	Gas Natural	GNL		382,5
	Antihue TG		2005	7	Petróleo Diesel			100,6
	Candelaria		2005	7	Gas Natural	Petróleo Diesel		270,6
	Los Pinos		2009	3	Petróleo Diesel			89,7
ELECTRICA CENIZAS	Cenizas		2009	3	Petróleo Diesel			15,3
ELECTRICA VENTANAS	Nueva Ventanas		2010	2	Carbón			242,0
ELEKTRA GENERACION	Constitución I		2007	5	Petróleo Diesel			9,0
	Monte Patria		2007	5	Petróleo Diesel			9,0
	Punitaqui		2007	5	Petróleo Diesel			9,0
	Chiloé		2008	4	Petróleo Diesel			9,0

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible de combustible	Tipo de combustible de combustible	Potencia neta total MW
EMELDA	Emelda		2010	2	Petróleo Diesel			68,7
ENDESA	Bocamina		1970	42	Carbón			119,4
	Diego de Almagro		1981	31	Petróleo Diesel			23,7
	San Isidro I		1998	14	Gas Natural	Petróleo Diesel	GNL	373,9
	Taltal 1		2000	12	Gas Natural	Petróleo Diesel	GNL	119,8
	Taltal 2		2000	12	Gas Natural	Petróleo Diesel	GNL	119,8
	Quintero		2009	3	Petróleo Diesel	GNL		289,8
	Huasco TG		1978	34	Petróleo Diesel	Petróleo IFO-180		58,0
	San Isidro II		2008	4	Gas Natural	Petróleo Diesel	GNL	399,1
ENERGIA VERDE								
	San Francisco de Mostazal		2002	10	Petróleo Diesel			23,9
	Constitución		2001	11	Biomasa			10,2
	Laja		2001	11	Biomasa			11,8
ENERGY PARTNERS CHILE								
	Degañ		2007	5	Petróleo Diesel			36,3
ENLASA								
	El Peñón		2009	3	Petróleo Diesel			74,5
	San Lorenzo de Diego de Almagro		2009	3	Petróleo Diesel			55,8
	Teno		2009	3	Petróleo Diesel			53,6
	Trapén		2009	3	Petróleo Diesel			74,4

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
ENOR CHILE	Esperanza		2007	5	Petróleo Diesel			21,5
EQUIPOS GENERACIÓN	CBB-Centro		2010	2	Petróleo Diesel	Petróleo FO6		13,6
GAS SUR	Newén		2009	3	Propano-Butano	Petróleo Diesel	Gas Natural	14,9
GENERADORA DEL PACÍFICO S.A.	Termopacífico		2009	3	Petróleo Diesel			96,0
GUACOLDA	Guacolda		2003	9	Carbón	Petróleo Diesel		563,6
HBS ENERGIA	HBS		2011	1	Biomasa			2,2
HIDROELECTRICA LA HIGUERA	Colmito		2008	4	Petróleo Diesel			60,0
INKIA ENERGY	Cardones		2009	3	Petróleo Diesel			152,3
KDM ENERGIA	Loma Los Colorados		2010	2	BioGas			2,5
	Loma Los Colorados II		2011	1	Biogas			9,8
LOS ESPINOS	Los Espinos		2009	3	Petróleo Diesel			128,0
MASISA ECOENERGIA	Masisa		2011	1	Biomasa			9,6
MINERA VALLE CENTRAL GENERACION	Colihues		2010	2	Petróleo Diesel	Petróleo IFO-180		23,1
NUEVA ENERGIA	Escuadrón		2009	3	Biomasa			17,6
PANELES ARAUCO S.A.	Cholguán		2003	9	Biomasa			13,0
	Nueva Aldea I		2005	7	Biomasa			14,0
PETROPOWER	Petropower		1998	14	Petcoke			66,5
POTENCIA CHILE	Olivos		2008	4	Petróleo Diesel			96,0

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
S.E. SANTIAGO S.A.	Nueva Renca		1997	15	Gas Natural	Petróleo Diesel	370,9
	Nueva Renca		1997	15	Gas Natural	Petróleo Diesel	370,9
SAGESA	Biomar		2009	3	Petróleo Diesel		2,4
	CalleCalle		2011	1	Petróleo Diesel		12,9
	Cañete		2007	5	Petróleo Diesel		3,1
	Chufken		2007	5	Petróleo Diesel		3,3
	Chuyaca		2009	3	Petróleo Diesel		14,6
	Collipulli		2007	5	Petróleo Diesel		3,3
	Coronel		2005	7	Gas Natural	Petróleo Diesel	45,7
	Curacautín		2007	5	Petróleo Diesel		3,0
	Danisco		2011	1	Petróleo Diesel		0,8
	Eagon		2009	3	Petróleo Diesel		2,4
	JCE		2011	1	Petróleo Diesel		0,8
	Lonquimay		2011	1	Petróleo Diesel		1,6
	Los Sauces		2007	5	Petróleo Diesel		1,6
	Los Sauces II		2007	5	Petróleo Diesel		1,6
	Louisiana Pacific Panguipulli		2009	3	Petróleo Diesel		2,9
	Louisiana Pacific Lautaro		2011	1	Petróleo Diesel		0,8
	MultiExport I		2009	3	Petróleo Diesel		0,8
	MultiExport II		2009	3	Petróleo Diesel		1,6

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
	Polincay		2011	1	Petróleo Diesel		2,4
	Quellón		2006	6	Petróleo Diesel		4,6
	Quellón II		2008	4	Petróleo Diesel		9,8
	Salmofood I		2009	3	Petróleo Diesel		1,6
	Salmofood II		2009	3	Petróleo Diesel		1,6
	Skretting Pargua		2008	4	Petróleo Diesel		2,7
	Skretting Osorno		2011	1	Petróleo Diesel		3,0
	Southern Bulbs		2011	1	Petróleo Diesel		0,8
	Tirúa		2011	1	Petróleo Diesel		0,8
	Watts		2009	3	Petróleo Diesel		0,8
	Watts II		2009	3	Petróleo Diesel		1,6
SWC	El Salvador		2010	2	Petróleo Diesel		23,7
TENCORED	Concón		2007	5	Petróleo Diesel		2,7
	Las Vegas		2007	5	Petróleo Diesel		2,3
	Curauma		2007	5	Petróleo Diesel		2,0
	Casablanca 1		2007	5	Petróleo Diesel		1,2
	Casablanca 2		2007	5	Petróleo Diesel		0,5
	Quintay		2008	4	Petróleo Diesel		3,0
	El Totoral		2008	4	Petróleo Diesel		3,0
	Placilla		2008	4	Petróleo Diesel		3,0
	Linares Norte		2009	3	Petróleo Diesel		0,5

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
	San Gregorio		2009	3	Petróleo Diesel		0,5
	Tapihue		2009	3	Gas Natural		6,4
TOMAVAL GENERACION	Tomaval		2011	1	Petróleo Diesel		1,0
EDELMAG S.A.	TRES PUENTES	Turbina Hitachi	1985	27	Gas Natural		21,60
		Turbina Solar (Titan)	2003	9	Gas Natural	Petróleo Diesel	12,33
		Turbina Solar (Mars)	1996	16	Gas Natural		9,00
		Turbina GE-10	2006	6	Gas Natural	Petróleo Diesel	9,45
		Turbina Solar (Titan 130)	2008	4	Gas Natural	Petróleo Diesel	13,50
		Motor Caterpillar	1998	14	Gas Natural		2,45
		Motor Caterpillar	1994	18	Petróleo Diesel		1,31
		Motor Caterpillar	1994	18	Petróleo Diesel		1,31
	PUNTA ARENAS	Motor Sulzer	1955	57	Petróleo Diesel		1,26
		Motor Sulzer	1955	57	Petróleo Diesel		1,26
		Motor Sulzer	1955	57	Petróleo Diesel		1,26
		Turbina GE-1	1966	46	Gas Natural		4,00
		Turbina GE-2	1968	44	Gas Natural		5,00

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
	PUERTO NATALES							
		Motor Waukesha	2001	11	Gas Natural			1,06
		Motor Waukesha	2006	6	Gas Natural			1,06
		Motor Jenbacher	2008	4	Gas Natural			1,28
		Turbina Solar	1977	35	Gas Natural	Petróleo Diesel		0,72
		Turbina Solar	1977	35	Gas Natural	Petróleo Diesel		0,72
		Motor Palmiero	2008	4	Petróleo Diesel			1,22
		Motor F. Morse	1961	51	Petróleo Diesel			0,27
		Motor Caterpillar (Cat. 3516)	1996	16	Petróleo Diesel			1,35
	POR VENIR							
		Motor Waukesha	2003	9	Gas Natural			1,06
		Motor Waukesha	2006	6	Gas Natural			1,06
		Motor Waukesha	1983	29	Gas Natural			0,79
		Motor Palmiero	2008	4	Petróleo Diesel			1,22
		Motor Caterpillar (Cat. 3512)	1998	14	Petróleo Diesel			0,83
		Motor Caterpillar	2010	2	Gas Natural			0,80

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
EDELAYSEN	PUERTO WILLIAMS	Motor Caterpillar (Cat. 3508B)	2005	7	Petróleo Diesel		0,53
		Motor Caterpillar (Cat. 3508)					
		Motor Caterpillar (Cat. 3412)	1994	18	Petróleo Diesel		0,32
		Motor Cummins	2006	6	Petróleo Diesel		0,23
		Motor Cummins	1999	13	Petróleo Diesel		0,23
		Motor Cummins	1999	13	Petróleo Diesel		0,23
		Motor Detroit	1999	13	Petróleo Diesel		0,23
		101	1993	19	Petróleo Diesel		1,92
		102	1994	18	Petróleo Diesel		1,92
		103	1997	15	Petróleo Diesel		2,35
		104	1999	13	Petróleo Diesel		0,71
		105	2001	11	Petróleo Diesel		1,83
		544	2007	5	Petróleo Diesel		1,40
	Central Térmica Tehuelche						
	Central Térmica Aysen						
	Central Puerto Ibañez						
		114	2005	7	Petróleo Diesel		1,20
		128	1999	13	Petróleo Diesel		0,16

Cuadro A.1 (continuación)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
Central Térmica Chacabuco		611	2008	4	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	2,50
		545	2007	5	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	1,40
		546	2007	5	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	1,40
		112	2005	7	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	1,20
		113	2005	7	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	1,20
		543	2007	5	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	1,40
		532	2011	1	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,83
Central Térmica Manihuales		120	2005	7	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,28
		121	1999	13	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,40
		518	2005	7	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,29
Central Térmica Chile Chico		522	2007	5	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,29
		622	2011	1	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,44
Central Térmica El Trato		541	2007	5	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,29
Central Térmica Palena		517	2005	7	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,18
		131	2009	3	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,29
Central Térmica Futaleufú		519	2005	7	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,23
		520	2009	3	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,25
Central Térmica Lago Verde		552	2005	7	Petróleo Diesel	Petróleo Diesel	0,15

Cuadro A.1 (conclusión)

Propietario	Nombre de la central	Unidad	Años de puesta en servicio	Años de puesta en servicio	Tipo de combustible	Tipo de combustible	Potencia neta total MW
	Central Térmica Puyuhuapi	514	2008	4	Petróleo Diesel		0,29
	Central Térmica La Junta	534	2010	2	Petróleo Diesel		0,29
SAGESA		502	1989	23	Petróleo Diesel		1,00
	Central Térmica Homopirén	533	1990	22	Petróleo Diesel		0,83
		648	2011	1	Petróleo Diesel		0,80
	Central Térmica Cochamó	540	1989	23	Petróleo Diesel		0,83
		531	1990	22	Petróleo Diesel		0,83
	Central Eléctrica Mataveri	CAT 3516	2000	12	Petróleo Diesel		0,95
		CAT 3516	2009	3	Petróleo Diesel		1,35
		CAT C32	2009	3	Petróleo Diesel		0,68
SASIPA		CAT 3512	1997	15	Petróleo Diesel		0,50
		WHITE # 4	1996	16	Petróleo Diesel		0,20
		CAT 3516 Rental	2000	12	Petróleo Diesel		1,05
		WHITE #3	1996	16	Petróleo Diesel		0,20

Fuente: Estadísticas.



Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org