



Guía docente para el juego de mercado de carbono

Implementación en el laboratorio, fundamentos teóricos,
evidencia experimental y variantes

Behavioral and Experimental Economics Research Lab
Departamento de Economía



Versión 1.2 | Octubre de 2026

<https://beer-lab.org/>

Cómo utilizar esta guía

Esta guía permite preparar, implementar y discutir en clase el juego de **mercado de carbono** del Behavioral and Experimental Economics Research Lab (BEER Lab) del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey. Está dirigida a docentes de principios de economía, microeconomía intermedia, economía pública y economía ambiental, con o sin experiencia previa en economía experimental. El juego tiene dos versiones:

- **Versión básica: tope y comercio.** Toda la clase negocia un producto en una subasta doble continua. Cada unidad vendida contamina, y su costo ambiental se reparte entre todos. Después de tres periodos de mercado libre (la referencia: un mercado con externalidad), cada unidad vendida requiere un permiso del vendedor. Hay tantos permisos como unidades en el óptimo social, y los vendedores los compran en una subasta o los reciben gratis y los negocian entre sí. Se ve cómo la cuota de emisiones cambia el mercado del producto.
- **Versión extendida: comparar políticas.** El mismo mercado, con un impuesto por unidad igual al daño, una norma que solo deja vender a los vendedores de menor costo, o ninguna política.

La **guía rápida** permite poner en marcha una sesión. Los capítulos 3 a 6 cubren la versión básica; el capítulo 7, la extendida. Las reglas comunes se explican una sola vez; cada tratamiento identifica únicamente lo que cambia.

Autor

Esta guía fue preparada por Edgar O. Castro Méndez, profesor investigador del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey. Para consultas o sugerencias sobre su contenido, puede contactar al autor en ecastrom@tec.mx.

Para el docente

La guía corresponde a la interfaz en español. Existe una versión independiente en inglés. Las pantallas de esta guía se obtuvieron en una instancia local del juego con decisiones simuladas; los números que aparecen en ellas ilustran la interfaz y *no* son resultados de una clase. Proyecte únicamente resultados agregados: no vincule códigos con nombres, matrículas, lugares o decisiones individuales.

Las capturas de la tarjeta del juego en teaching-admin.beer-lab.org y teaching.beer-lab.org se incorporarán en la próxima versión de la guía; el procedimiento es el mismo que en los demás juegos del laboratorio.

Índice general

Cómo utilizar esta guía	i
1. Guía rápida de implementación	1
1.1. Ficha básica	1
1.2. Secuencia mínima	2
1.3. Lista de verificación	2
2. Acceso a la plataforma	3
2.1. Su acceso: teaching-admin y el panel del juego	3
2.2. El panel: vocabulario mínimo	4
2.3. Ensayar antes de la clase	5
2.4. Crear la sesión en clase	5
2.5. Cómo entran sus estudiantes	6
3. El juego básico y sus pantallas	9
3.1. Reglas e incentivos	9
3.2. Portada, instrucciones y comprensión	10
3.3. Periodos de mercado libre	15
3.4. El anuncio y la subasta de permisos	17
3.5. Permisos gratuitos y su mercado	22
4. Informe docente y feedback	31
4.1. Cuándo revelar	31
4.2. Cómo leer el informe	31
5. Fundamentos teóricos y evidencia	38
5.1. Notación: óptimo privado y óptimo social	38
5.2. El mercado libre: la cuña de la externalidad y la pérdida irrecuperable	39
5.3. El impuesto pigouviano	40
5.4. Tope y comercio: el mismo óptimo, fijado por cantidad	41

5.5. Permisos subastados o gratuitos: la misma eficiencia, otros ganadores	42
5.6. La norma de desempeño	43
5.7. Del libro de texto al laboratorio: qué mide el informe	44
5.8. Evidencia experimental	45
5.9. Regularidades que conviene discutir	46
6. Modalidades básicas	47
6.1. Tamaño de la clase	47
7. Versión extendida: comparar políticas	48
8. Plan de clase y lectura de resultados	56
8.1. Sesión sugerida de 50 minutos (versión básica)	56
8.2. Preguntas para conducir la discusión	56
8.3. Errores de interpretación frecuentes	57
9. Operación, privacidad y solución de problemas	58
9.1. Privacidad y conducta	58
9.2. Problemas frecuentes	58
9.3. Datos para análisis posterior	58
A. Códigos QR de cada sala	60

Índice de figuras

2.1. Página para docentes: teaching-admin.beer-lab.org . Busque la tarjeta Mercado de carbono	3
2.2. Demo: las 10 configuraciones del juego (cuatro básicas y seis extendidas, en español e inglés).	4
2.3. Rooms: las cuatro salas del juego.	4
2.4. Enlaces de una sesión (copia local: las direcciones dicen <code>localhost</code> ; en el servidor dicen <code>carbonmarket.beer-lab.org</code>).	5
2.5. Formulario de la sala básica en español.	6
2.6. Monitor: periodo y página de cada participante.	6
2.7. Sala que abre el estudiante.	7
2.8. Catálogo de teaching.beer-lab.org	8
3.1. Portada y reglas del laboratorio.	10
3.2. Instrucciones de un comprador: su valor, el costo ambiental y las reglas de negociación. La última regla advierte que puede haber una nueva regla.	11
3.3. Instrucciones de un vendedor.	12
3.4. Comprobación de comprensión.	13
3.5. Respuestas incorrectas: los mensajes recuerdan la regla sin dar la respuesta.	13
3.6. Espera a que todo el mercado esté listo.	14
3.7. Pantalla de negociación de un comprador en un periodo libre: su valor, las mejores ofertas, las unidades vendidas en el mercado y el costo ambiental por participante acumulado (decisiones simuladas).	15
3.8. Resultado de un periodo libre: lo que ganó al negociar, su parte del costo ambiental y la ganancia del periodo (decisiones simuladas).	16
3.9. Anuncio antes del periodo 4 (permisos subastados, 22 participantes), visto por un vendedor.	17
3.10. Subasta de permisos: el vendedor escribe cuánto está dispuesto a pagar. Lo más que puede ofrecer es 300 menos su costo, el precio más alto posible del producto (decisiones simuladas).	18
3.11. Mientras tanto, los compradores esperan.	18
3.12. Negociación de un vendedor con permiso: el aviso de la regla y su situación (decisiones simuladas).	19

3.13. Un vendedor sin permiso no puede vender: en lugar de los controles de negociación ve un aviso (decisiones simuladas).	20
3.14. Resultado de un vendedor que ganó un permiso en la subasta: lo que pagó, su parte del costo ambiental y su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).	21
3.15. Resultado de un vendedor que no ganó permiso: no vendió, pero recibe su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).	22
3.16. Anuncio de los permisos gratuitos, visto por un vendedor.	23
3.17. Mercado de permisos de un vendedor de costo bajo que no recibió permiso: puede ofrecer comprar uno (decisiones simuladas).	24
3.18. Mercado de permisos de un vendedor de costo alto que recibió uno: puede usarlo o venderlo (decisiones simuladas).	25
3.19. El vendedor de costo alto aceptó la oferta y vendió el permiso que recibió gratis (decisiones simuladas).	26
3.20. Los compradores esperan mientras los vendedores negocian permisos.	26
3.21. Después, en el mercado del producto, quien vendió su permiso ya no puede vender (decisiones simuladas).	27
3.22. Resultado de quien vendió su permiso gratuito: gana sin producir (decisiones simuladas).	28
3.23. Resultado de quien compró el permiso y vendió una unidad (decisiones simuladas).	29
3.24. Cierre: ganancia total e historial por periodo (decisiones simuladas).	30
4.1. Informe con resultados ocultos.	31
4.2. Informe revelado: referencias del mercado libre y del óptimo social, la política, y la oferta, la demanda y el costo social de la sesión (decisiones simuladas).	32
4.3. Precio de cada operación en orden y precio del permiso en cada subasta, con sus bandas teóricas (decisiones simuladas).	33
4.4. Excedente realizado en un periodo con permisos: compradores, vendedores (con lo pagado por el permiso), sociedad y las cuentas del periodo (decisiones simuladas).	34
4.5. El mismo recuadro en un periodo libre: las unidades 10 y 11 aparecen en rojo, destruyen excedente social (decisiones simuladas).	35
4.6. Antes y después de los permisos, con el mercado libre en equilibrio y el óptimo social como referencias (decisiones simuladas).	36
4.7. Unidades y excedente social por periodo, y tabla por periodo (decisiones simuladas).	37
5.1. La externalidad con 22 participantes. Azul: demanda v_k ; naranja: oferta privada c_k ; café punteado: costo social $c_k + D$. Verde: excedente social de las unidades 1–9. Rojo: las unidades 10 y 11, que el mercado libre negocia aunque $v_k < c_k + D$ (PIM = 30 + 60 = 90). El triángulo punteado es la aproximación lineal (área 60).	40
5.2. Tope y comercio con 9 permisos y 22 participantes. En el tope, el precio de demanda está entre $v_{10} = 165$ y $v_9 = 180$ (banda sombreada) y el de oferta entre $c_9 = 120$ y $c_{10} = 135$; el precio del permiso es la diferencia, entre 30 y 60. Morado punteado: la oferta efectiva $c_k + r$ con el $r = 45$ del informe, que corta la demanda justo en el tope.	41

7.1. Anuncio del impuesto, visto por un vendedor: lo mínimo que le conviene aceptar es su costo más el impuesto.	49
7.2. Con impuesto, una oferta de venta por debajo de costo más impuesto se rechaza (decisiones simuladas).	49
7.3. Con la norma, un vendedor de costo alto no puede vender (decisiones simuladas). .	50
7.4. Resultado de un vendedor con impuesto: impuesto pagado, costo ambiental y su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).	51
7.5. Resultado de un comprador que no compró: paga su parte del costo ambiental y recibe su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).	52
7.6. Informe de la versión extendida (impuesto): referencias, política y costo social; con el impuesto, la banda de precio es un solo precio, 180 (decisiones simuladas). . . .	53
7.7. Precio de cada operación: desde el periodo 4 se mueve a costo más impuesto, 180 (decisiones simuladas).	54
7.8. Excedente realizado con impuesto: la parte morada de cada vendedor es el impuesto pagado, y la escalera morada punteada es costo más impuesto (decisiones simuladas). .	54
7.9. Antes y después del impuesto (decisiones simuladas).	55

Guía rápida de implementación

1.1 Ficha básica

Propósito	Mostrar que un mercado con contaminación produce de más, y qué pasa en el mercado del producto cuando los vendedores necesitan un permiso por unidad: menos unidades, precio más alto, un precio para el permiso y, si los permisos se regalan, ganancias extraordinarias para quien los recibe.
Participantes	Toda la clase en un solo mercado: la mitad compradores y la mitad vendedores (con número impar, un comprador más). Desde 20 estudiantes ; con 22 o más, el mercado libre negocia 11 unidades a 150 ECU y el óptimo social es de 9 unidades.
Mercado	Subasta doble continua de 150 segundos por periodo. Valores de los compradores 300, 285, 270, ...; costos de los vendedores 0, 15, 30, ... (una unidad por persona y periodo). Cada unidad vendida tiene un costo ambiental de 60 ECU que se reparte entre todos los participantes.
Secuencia	8 periodos: los 3 primeros de mercado libre; del 4 al 8, con permisos (anunciados en una pantalla propia).
Tratamientos	Permisos subastados entre vendedores (precio uniforme; lo recaudado se devuelve a todos) o permisos gratuitos a vendedores al azar, negociables entre ellos antes de cada periodo.
Duración	35–45 minutos, sin contar la discusión.
Versión extendida	Impuesto, norma o ninguna política (capítulo 7).
Docente (usted)	teaching-admin.beer-lab.org → tarjeta del juego → Abrir panel (sección 2.1).
Estudiantes	Enlace de la sala https://carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_es , su código QR (sección 2.5) o teaching.beer-lab.org .
Informe	Mercado libre frente a óptimo social; antes y después de los permisos (unidades, precios, excedente privado, daño, excedente social, eficiencia, ganancias de compradores y vendedores, recaudación); precio del producto, unidades, precio del permiso y excedente social por periodo; precio de cada operación.

Atención

Hay dos páginas distintas. **teaching-admin.beer-lab.org** es la de usted: desde ahí entra al panel del juego y descarga esta guía. **teaching.beer-lab.org** es la de sus estudiantes: desde ahí solo se puede *jugar*, no crear sesiones.

1.2 Secuencia mínima

Antes de la clase

1. Pida acceso al panel a lab.economia@servicios.tec.mx indicando juego, materia, número de estudiantes y fecha. Recibirá la contraseña del usuario **admin**.
2. Abra teaching-admin.beer-lab.org, busque **Mercado de carbono** y pulse **Abrir panel**.
3. Ensaye en **Demo** (sección 2.3) y elija el tratamiento (capítulo 6).

En clase

4. Cuente a los estudiantes presentes (al menos 20).
5. En **Rooms**, abra la sala **[ES] Mercado de carbono**, elija la configuración, escriba el número *exacto* de estudiantes en **Number of participants** y pulse **Create**.
6. Comparta el enlace de la sala o proyecte su código QR. Cada estudiante pulsa **Comenzar**.
7. Pulse **Monitor the session**. Al terminar, abra **Report**, pulse **Mostrar resultados** y conduzca la discusión.

Después de la clase

8. En la sala, pulse **Close this room**. Los datos de la sesión se conservan en **Sessions**.

1.3 Lista de verificación

- ☐ Contraseña del panel recibida y probada en carbonmarket.beer-lab.org/login.
- ☐ Ensayo hecho en **Demo**.
- ☐ Tratamiento elegido: permisos subastados o permisos gratuitos.
- ☐ Al menos 20 estudiantes; número de participantes de la sesión igual al número de estudiantes presentes.
- ☐ Enlace de la sala o QR a la mano; probado desde un celular.
- ☐ Aclarado que las ECU son unidades experimentales y que no hay pago en dinero.

Acceso a la plataforma

2.1 Su acceso: teaching-admin y el panel del juego

La página para docentes es teaching-admin.beer-lab.org. No aparece en el menú de beer-lab.org; escriba la dirección directamente o guárdela en sus favoritos. Reúne todos los juegos de clase del laboratorio; puede buscar por título, tema o código JEL.



Figura 2.1: Página para docentes: teaching-admin.beer-lab.org. Busque la tarjeta **Mercado de carbono**.

Cada juego tiene una tarjeta con su descripción y dos botones: **Abrir panel** y **Guía docente (PDF)**. El panel del juego (<https://carbonmarket.beer-lab.org>) está protegido: **Abrir panel** muestra la pantalla **Admin Login**, donde escribe **admin** y la contraseña que le dio el laboratorio.

2.2 El panel: vocabulario mínimo

Demo	Sesiones de práctica con participantes ficticios que usted juega en varias pestañas. Nunca con estudiantes.
Rooms (salas)	Direcciones fijas para la clase: básica y extendida, en español y en inglés.
Create / Number of participants	Crear la sesión en la sala y declarar cuántas personas jugarán.
Monitor	Periodo y pantalla en que va cada participante. No muestra decisiones.
Advance slowest participants	Hace avanzar a quien se quedó atrás; también cierra un periodo de negociación (o el mercado de permisos) antes de que se acabe el tiempo.
Report	El informe docente para proyectar los resultados agregados.
Data	Descarga de los datos en CSV.
Close this room	Libera la sala al terminar.

oTree Demo Sessions Rooms Data Server Check

Demo

[ES] Mercado de carbono — permisos subastados (8 periodos)
[ES] Mercado de carbono — permisos gratuitos negociables (8 periodos)
[EN] Carbon market — auctioned permits (8 periods)
[EN] Carbon market — free tradable permits (8 periods)
[ES] Mercado de carbono — impuesto por unidad (8 periodos)
[ES] Mercado de carbono — norma de costo máximo (8 periodos)
[ES] Mercado de carbono — sin política (8 periodos)
[EN] Carbon market — per-unit tax (8 periods)
[EN] Carbon market — maximum-cost standard (8 periods)
[EN] Carbon market — no policy (8 periods)

Juegos de mercados / Market games — BEER Lab

Mercado de carbono / Carbon market

To add to this list, create a new session config.

Figura 2.2: Demo: las 10 configuraciones del juego (cuatro básicas y seis extendidas, en español e inglés).

oTree Demo Sessions Rooms Data Server Check

Rooms

Current rooms:

[ES] Mercado de carbono
[EN] Carbon Market
[ES] Mercado de carbono — extendido (comparar políticas)
[EN] Carbon Market — extended (policy comparison)

Figura 2.3: Rooms: las cuatro salas del juego.

2.3 Ensayar antes de la clase

En **Demo**, pulse una configuración: se crea una sesión de práctica con 22 participantes (con menos, los permisos no cambiarían nada; véase la sección 6.1). Abra varios enlaces **P1**, **P2**, ... en pestañas distintas y negocie entre ellas; a los demás puede hacerlos avanzar desde el Monitor.

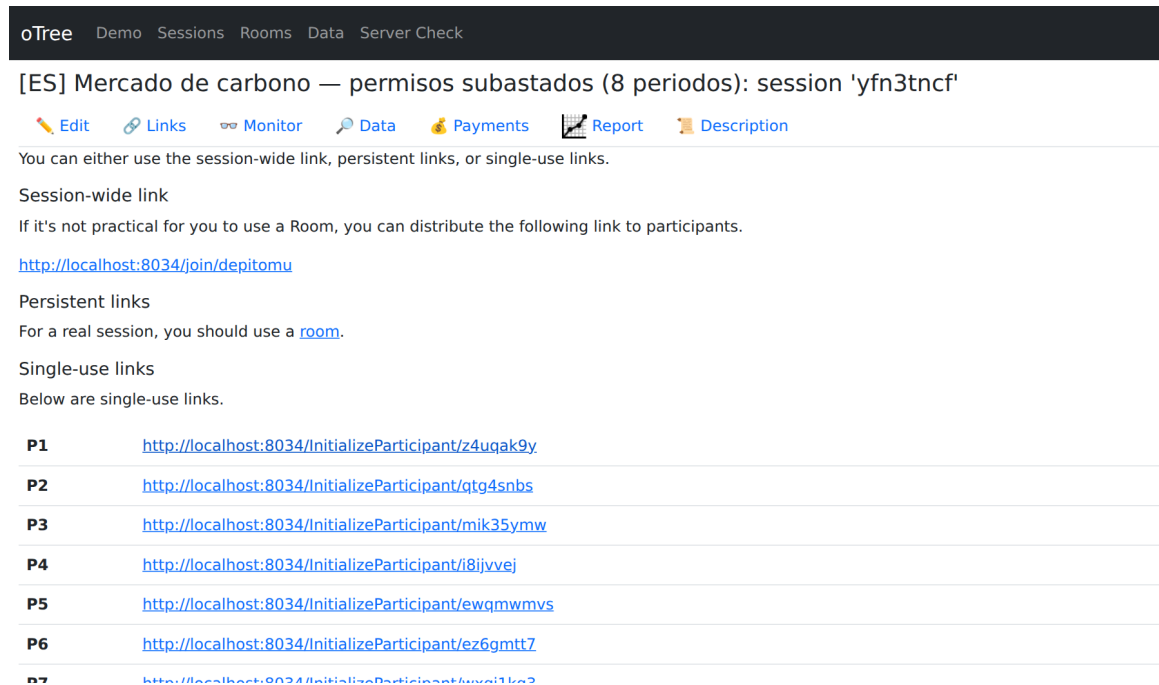


Figura 2.4: Enlaces de una sesión (copia local: las direcciones dicen `localhost`; en el servidor dicen `carbonmarket.beer-lab.org`).

2.4 Crear la sesión en clase

En **Rooms**, abra la sala del idioma que usará, elija la configuración, escriba en **Number of participants** el número de estudiantes presentes y pulse **Create**.

oTree Demo Sessions Rooms Data Server Check

Room: [ES] Mercado de carbono

Create a new session

Salón en español. Solo se muestran las configuraciones de este juego, idioma y edición.

Session Config
 [ES] Mercado de carbono — permisos subastados (8 periodos) ▼

Number of participants

 Must be a multiple of 1

Create

[Configure session](#) ⚙️

App sequence

carbon_market (10 rounds) Carbon market: continuous double auction with an external damage per unit sold; free periods, then cap-and-trade with auctioned or grandfathered permits.

Figura 2.5: Formulario de la sala básica en español.

Atención

Declare el número exacto. Los papeles (comprador o vendedor), los valores, los costos y el número de permisos se calculan al crear la sesión. Si declara más participantes de los que entran, el mercado espera a alguien que nunca llega, y el costo ambiental se reparte entre más personas de las que juegan. Si un estudiante se desconecta, pida que vuelva a abrir la sala en el mismo navegador; si no puede, use **Advance slowest participants**.

oTree Demo Sessions Rooms Data Server Check

[ES] Mercado de carbono — permisos subastados (8 periodos): session 'yfn3tncf'

[Edit](#)
[Links](#)
[Monitor](#)
[Data](#)
[Payments](#)
[Report](#)
[Description](#)

ID	Code	Label	Progress	App	Round	PageName	Waiting	WaitsFor	Since
P1	z4uqak9y		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P2	qtg4snbs		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P3	mik35ymw		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P4	iBijvvej		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P5	ewqmwmys		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P6	ez6gmtt7		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P7	wxgl1kg3		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P8	hgxubeuv		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P9	7fsaviwa		21/120	carbon_market	2	Trade			1m
P10	pz1mk53w		21/120	carbon_market	2	Trade			1m

Figura 2.6: Monitor: periodo y página de cada participante.

2.5 Cómo entran sus estudiantes

Los estudiantes no necesitan cuenta ni instalar nada. Pueden entrar por el código QR (abajo y en el apéndice A), por el enlace https://carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_es,

o por el catálogo teaching.beer-lab.org.



Español, básica

carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_es



Español, extendida

carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_extendido



English, basic

carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_en



English, extended

carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_extended

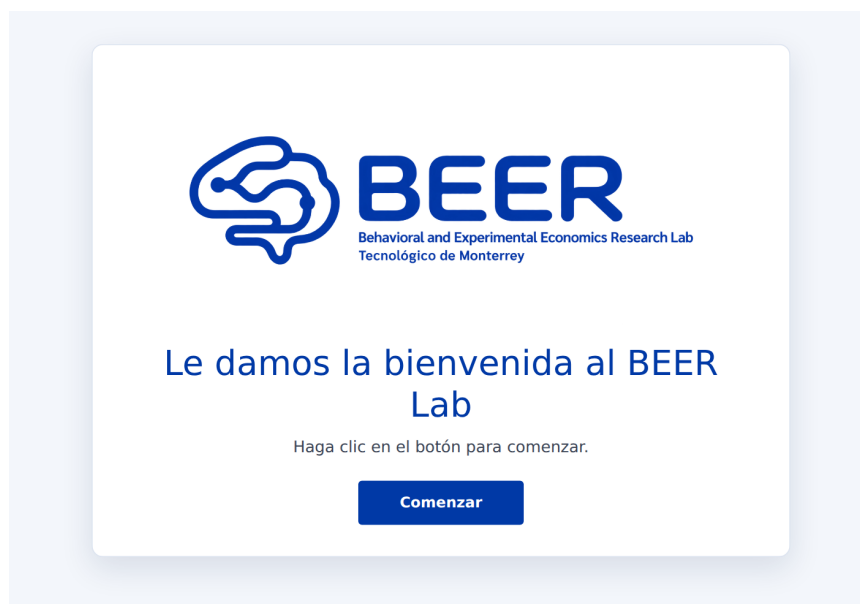


Figura 2.7: Sala que abre el estudiante.



The screenshot displays the BEER Lab website interface. At the top, there are logos for 'Tecnológico de Monterrey' and 'BEER', along with navigation links: PARTICIPA, CLASE, INVESTIGACIÓN, NOTICIAS, FORMACIÓN, and a language selector (ES EN). Below the navigation bar is a large banner with the text 'DOCENTES Y ESTUDIANTES' and 'Experimentos en clase'. The banner includes a description: 'Juegos de economía experimental para actividades y discusión en clase. Entra al juego que te indique tu profesor o profesora.' and a link for teachers: 'Docentes: cómo usar estos juegos en tu clase o proponer uno nuevo → guía para docentes'. Below the banner is a search bar with the placeholder text 'Buscar por título, tema, palabra clave o código JEL...'. Below the search bar are two dropdown menus: 'Tema' and 'Código JEL'. To the right of these menus is a counter that says '43 juegos'. Below the search bar are two columns of game listings. The first column is titled 'Subasta all-pay y carreras de I+D' and describes a game where a competency all-pay transforms valuations or prizes in strategic spending and when a disposition or overbidding appears. It lists basic, extended, and innovative versions. The second column is titled 'Negociación con ofertas alternadas' and describes a sequential negotiation game with perfect equilibrium, discount, delay, and power of negotiation and behavioral deviations. It lists basic, extended, and innovative versions. Both columns include tags for related topics and a JEL code.

DOCENTES Y ESTUDIANTES

Experimentos en clase

Juegos de economía experimental para actividades y discusión en clase. Entra al juego que te indique tu profesor o profesora.

Docentes: cómo usar estos juegos en tu clase o proponer uno nuevo → [guía para docentes](#)
Investigación del laboratorio: beer-lab.org/investigacion

Buscar por título, tema, palabra clave o código JEL...

Tema ▼ Código JEL ▼ 43 juegos

Subasta all-pay y carreras de I+D

Observar cómo una competencia all-pay transforma valoraciones o premios en gasto estratégico y cuándo aparece disposición o sobredisposición. Básica: Valor privado, una o diez rondas, grupo fijo o reasignado. Extendida: Premio común, Tullock, I+D determinista, innovación incierta, derrames y costos asimétricos.

subastas competencias all-pay disposición de rentas innovación teoría de juegos

JEL C72 · C92 · D44 · O31

Dirección: allpay.beer-lab.org

Negociación con ofertas alternadas

Estudiar negociación secuencial, inducción hacia atrás, equilibrio perfecto en subjuegos, descuento temporal, demora, poder de negociación y desviaciones conductuales. Básica: Una negociación, diez negociaciones con pareja fija o diez con reasignación; cinco propuestas como máximo y factores de descuento de 0.90 para ambas posiciones. Extendida: Referencia, horizonte corto, impaciencia asimétrica, costo fijo de demora, riesgo de ruptura, opción externa y comunicación estructurada.

negociación inducción hacia atrás descuento temporal equilibrio perfecto en subjuegos teoría de juegos

JEL C72 · C78 · C92

Figura 2.8: Catálogo de teaching.beer-lab.org.

El juego básico y sus pantallas

3.1 Reglas e incentivos

Toda la clase forma un solo mercado de un producto. Al crear la sesión, la mitad recibe el papel de comprador y la otra mitad el de vendedor (que produce y vende); con número impar hay un comprador más. Los compradores se ordenan al azar y reciben valores que bajan de 15 en 15 desde 300 ECU; los vendedores, costos que suben de 15 en 15 desde 0 ECU. Papel, valor y costo son los mismos en todos los periodos.

Cada periodo dura 150 segundos. Cada persona puede comprar o vender *una* unidad por periodo. Los compradores publican ofertas de compra y los vendedores ofertas de venta; todos ven la mejor de cada lado. Una oferta nueva solo entra si mejora la vigente, y cualquiera puede aceptar la mejor oferta del otro lado: la operación se cierra al instante a ese precio. El sistema no deja ofertar ni aceptar con pérdida en la operación.

El costo ambiental. Cada unidad vendida tiene un costo ambiental de $D = 60$ ECU. Al final de cada periodo, el costo total, $60 \times$ unidades vendidas, se reparte en partes iguales entre los N participantes (compradores y vendedores, hayan negociado o no) y se resta de su ganancia. Las partes se redondean a 0.1 ECU.

$$\pi_i = \underbrace{(v_i - p) \text{ o } (p - c_j)}_{\text{lo que gana al negociar (0 si no negocia)}} - \frac{60 Q}{N} \left[- \text{permiso} + \frac{\text{recaudación}}{N} \right],$$

donde Q es el número de unidades vendidas en todo el mercado en el periodo. La parte entre corchetes aparece solo desde el periodo 4.

Los permisos (periodos 4 a 8). Antes del periodo 4 una pantalla anuncia la nueva regla, válida hasta el final: *cada unidad vendida necesita un permiso del vendedor*. Cada vendedor puede tener como máximo un permiso, y en el mercado hay tantos permisos como unidades en el óptimo social de *su* clase (9 con 22 o más estudiantes). Un permiso vale solo para su periodo. Un vendedor sin permiso no puede ofrecer vender ni aceptar una oferta de compra.

Tratamiento	Cómo obtienen los vendedores sus permisos cada periodo
Subasta	Subasta de sobre cerrado entre vendedores: cada uno ofrece por un permiso (0 si no quiere). Las 9 ofertas más altas ganan y todas pagan el mismo precio, la oferta más alta que no ganó (0 si hay 9 ofertas o menos). El ganador paga aunque luego no venda. Lo recaudado se reparte en partes iguales entre todos los participantes.
Permisos gratuitos	Los 9 permisos se regalan, uno a cada uno de 9 vendedores elegidos al azar (un sorteo nuevo cada periodo). Luego los vendedores tienen 90 segundos para comprar y vender permisos entre sí en un mercado continuo, con las mismas reglas de la subasta doble. Los compradores esperan.

Para el docente

Las instrucciones explican el costo ambiental con un ejemplo y solo dicen que *puede* haber una nueva regla desde algún periodo. Ninguna pantalla dice “externalidad”, “internalizar”, “Pigou” ni “eficiente”. Antes de que empiece el periodo 4, pregunte: si cada venta necesita un permiso, ¿qué pasará con el precio del producto? ¿Y si los permisos son gratis?

3.2 Portada, instrucciones y comprensión



Le damos la bienvenida al BEER Lab

El **Behavioral and Experimental Economics Research Lab** del Departamento de Economía del Tecnológico de Monterrey es un espacio para aprender sobre decisiones económicas mediante actividades controladas.

Hoy participará en un mercado como comprador o como vendedor. Sus ganancias dependen de sus decisiones y de lo que ocurra en todo el mercado.

Durante la sesión

- No converse ni se comunique con otras personas, salvo por los medios que aparezcan en pantalla.
- Tome sus decisiones de forma individual.
- Siga las instrucciones en pantalla. No actualice ni cierre esta página.
- Si necesita ayuda, levante la mano.

Leí y comprendí las reglas del laboratorio.

☐ Sí ☐ No

Comenzar

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.1: Portada y reglas del laboratorio.

Instrucciones

Periodo 1 de 8

En esta actividad usted es comprador. En cada periodo quiere comprar una unidad de un producto.

Cada periodo tiene un **valor** propio para su unidad: el precio más alto que le conviene pagar. Si compra a un precio menor, gana la diferencia; si compra a un precio mayor, pierde. Nadie más conoce su valor.

Lo que gana al negociar = su valor – el precio al que compra. Si no compra, gana 0 al negociar.

Ejemplo: si su valor es 150 y compra a un precio de 120, gana $150 - 120 = 30$ ECU al negociar.

El costo ambiental

Producir este bien contamina. Cada unidad que se vende en el mercado tiene un **costo ambiental de 60 ECU**.

Al final de cada periodo, el costo ambiental total ($60 \text{ ECU} \times \text{unidades vendidas en todo el mercado}$) se reparte en partes iguales entre los 22 participantes, compradores y vendedores, hayan negociado o no, y se resta de sus ganancias.

Ejemplo: si en un periodo se venden 10 unidades en un mercado de 20 participantes, el costo ambiental total es $60 \times 10 = 600$ ECU, y cada participante paga $600 \div 20 = 30$ ECU.

Cómo se negocia

- Cada periodo dura 150 segundos. Los compradores proponen un precio de compra (oferta de compra) y los vendedores proponen un precio de venta (oferta de venta); todas las personas ven las dos mejores ofertas del momento.
- Una nueva oferta de compra solo se acepta en pantalla si es más alta que la mejor oferta de compra vigente. Una nueva oferta de venta solo se acepta si es más baja que la mejor oferta de venta vigente.
- En cualquier momento puede aceptar la mejor oferta contraria: si es comprador, puede aceptar la mejor oferta de venta; si es vendedor, puede aceptar la mejor oferta de compra. Al aceptar, la operación se cierra de inmediato al precio ofrecido.
- El sistema no le deja proponer ni aceptar un precio que le haría perder dinero en la operación. Puede comprar o vender como máximo una unidad por periodo.
- A partir de algún periodo puede haber una nueva regla para el mercado. Si la hay, se anunciará antes de ese periodo y aparecerá en la pantalla de negociación.

- Habrá 8 periodos. Su papel y su valor o costo son los mismos en todos los periodos. Sus ganancias de todos los periodos se suman.
- Su ganancia de cada periodo = lo que gana al negociar – su parte del costo ambiental. Las partes se redondean a 0.1 ECU.
- Las cantidades se expresan en ECU (unidades experimentales). No hay pago en dinero.

[Continuar](#)Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.2: Instrucciones de un comprador: su valor, el costo ambiental y las reglas de negociación. La última regla advierte que puede haber una nueva regla.

Instrucciones

Periodo 1 de 8

En esta actividad usted es vendedor: produce y vende el producto. En cada periodo puede vender una unidad.

Cada periodo tiene un **costo** propio para producir su unidad: el precio más bajo que le conviene aceptar. Si vende a un precio mayor, gana la diferencia; si vende a un precio menor, pierde. Nadie más conoce su costo.

Lo que gana al negociar = el precio al que vende – su costo. Si no vende, gana 0 al negociar.

Ejemplo: si su costo es 80 y vende a un precio de 120, gana $120 - 80 = 40$ ECU al negociar.

El costo ambiental

Producir este bien contamina. Cada unidad que se vende en el mercado tiene un **costo ambiental de 60 ECU**.

Al final de cada periodo, el costo ambiental total ($60 \text{ ECU} \times \text{unidades vendidas en todo el mercado}$) se reparte en partes iguales entre los 22 participantes, compradores y vendedores, hayan negociado o no, y se resta de sus ganancias.

Ejemplo: si en un periodo se venden 10 unidades en un mercado de 20 participantes, el costo ambiental total es $60 \times 10 = 600$ ECU, y cada participante paga $600 \div 20 = 30$ ECU.

Cómo se negocia

- Cada periodo dura 150 segundos. Los compradores proponen un precio de compra (oferta de compra) y los vendedores proponen un precio de venta (oferta de venta); todas las personas ven las dos mejores ofertas del momento.
- Una nueva oferta de compra solo se acepta en pantalla si es más alta que la mejor oferta de compra vigente. Una nueva oferta de venta solo se acepta si es más baja que la mejor oferta de venta vigente.
- En cualquier momento puede aceptar la mejor oferta contraria: si es comprador, puede aceptar la mejor oferta de venta; si es vendedor, puede aceptar la mejor oferta de compra. Al aceptar, la operación se cierra de inmediato al precio ofrecido.
- El sistema no le deja proponer ni aceptar un precio que le haría perder dinero en la operación. Puede comprar o vender como máximo una unidad por periodo.
- A partir de algún periodo puede haber una nueva regla para el mercado. Si la hay, se anunciará antes de ese periodo y aparecerá en la pantalla de negociación.

- Habrá 8 periodos. Su papel y su valor o costo son los mismos en todos los periodos. Sus ganancias de todos los periodos se suman.
- Su ganancia de cada periodo = lo que gana al negociar – su parte del costo ambiental. Las partes se redondean a 0.1 ECU.
- Las cantidades se expresan en ECU (unidades experimentales). No hay pago en dinero.

Continuar

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.3: Instrucciones de un vendedor.

La comprobación de comprensión tiene tres preguntas: la ganancia al negociar de un comprador con valor 150 que compra a 120 (30), el costo ambiental por participante si se venden 10 unidades en un mercado de 20 ($60 \times 10/20 = 30$), y la ganancia del periodo de un vendedor con costo 80 que vende a 120, ya restado ese costo ($120 - 80 - 30 = 10$). Ante un error, explica la regla y permite reintentar.




Antes de empezar

Periodo 1 de 8

Responda las tres preguntas con base en las instrucciones (aplican a cualquier comprador o vendedor).

Un comprador tiene un valor de 150 y compra a un precio de 120. ¿Cuánto gana al negociar?

☐ 0 ECU
☐ 30 ECU
☐ 120 ECU
☐ 150 ECU

En un periodo se venden 10 unidades en un mercado de 20 participantes. ¿Cuánto costo ambiental paga cada participante?

☐ 6 ECU
☐ 30 ECU
☐ 60 ECU
☐ 600 ECU

En ese mismo periodo, un vendedor con costo de 80 vende a un precio de 120. ¿Cuál es su ganancia del periodo, ya restada su parte del costo ambiental?

☐ -50 ECU
☐ 10 ECU
☐ 40 ECU
☐ 90 ECU

Verificar

Con tecnología de 

Figura 3.4: Comprobación de comprensión.




Por favor corrija los errores.

Antes de empezar

Periodo 1 de 8

Responda las tres preguntas con base en las instrucciones (aplican a cualquier comprador o vendedor).

Un comprador tiene un valor de 150 y compra a un precio de 120. ¿Cuánto gana al negociar?

☐ 0 ECU
☐ 30 ECU
☐ 120 ECU
☐ 150 ECU

Revise: lo que gana el comprador al negociar = su valor – el precio de compra.

En un periodo se venden 10 unidades en un mercado de 20 participantes. ¿Cuánto costo ambiental paga cada participante?

☐ 6 ECU
☐ 30 ECU
☐ 60 ECU
☐ 600 ECU

Revise: costo ambiental total = 60 × unidades vendidas; se divide entre todos los participantes.

En ese mismo periodo, un vendedor con costo de 80 vende a un precio de 120. ¿Cuál es su ganancia del periodo, ya restada su parte del costo ambiental?

☐ -50 ECU
☐ 10 ECU
☐ 40 ECU
☐ 90 ECU

Revise: (precio de venta – costo) – su parte del costo ambiental.

Verificar

Con tecnología de 

Figura 3.5: Respuestas incorrectas: los mensajes recuerdan la regla sin dar la respuesta.

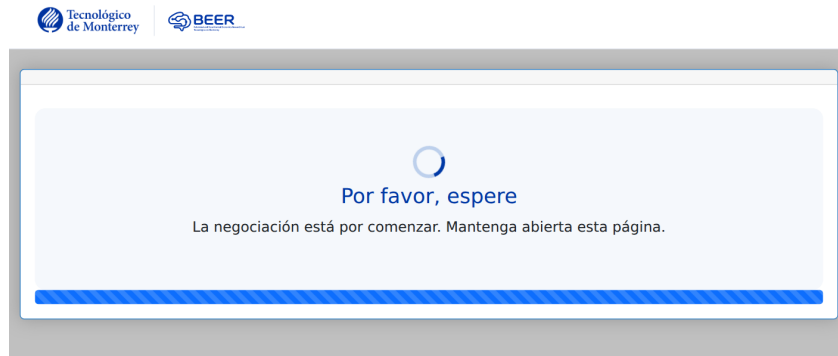


Figura 3.6: Espera a que todo el mercado esté listo.

Lo que verá el participante

“Por favor, espere” indica que faltan otras personas. No es un error. El participante no debe cerrar ni actualizar la página.

3.3 Periodos de mercado libre




Tiempo disponible para completar esta página: **2:21**

Negociación
Periodo 2 de 8

Usted es comprador.

Su valor (máximo que le conviene pagar)
180 ECU

Mejor oferta de compra
140

Mejor oferta de venta
165

Su oferta de compra

Ofrecer comprar

Aceptar la mejor oferta contraria

Unidades vendidas en el mercado
6

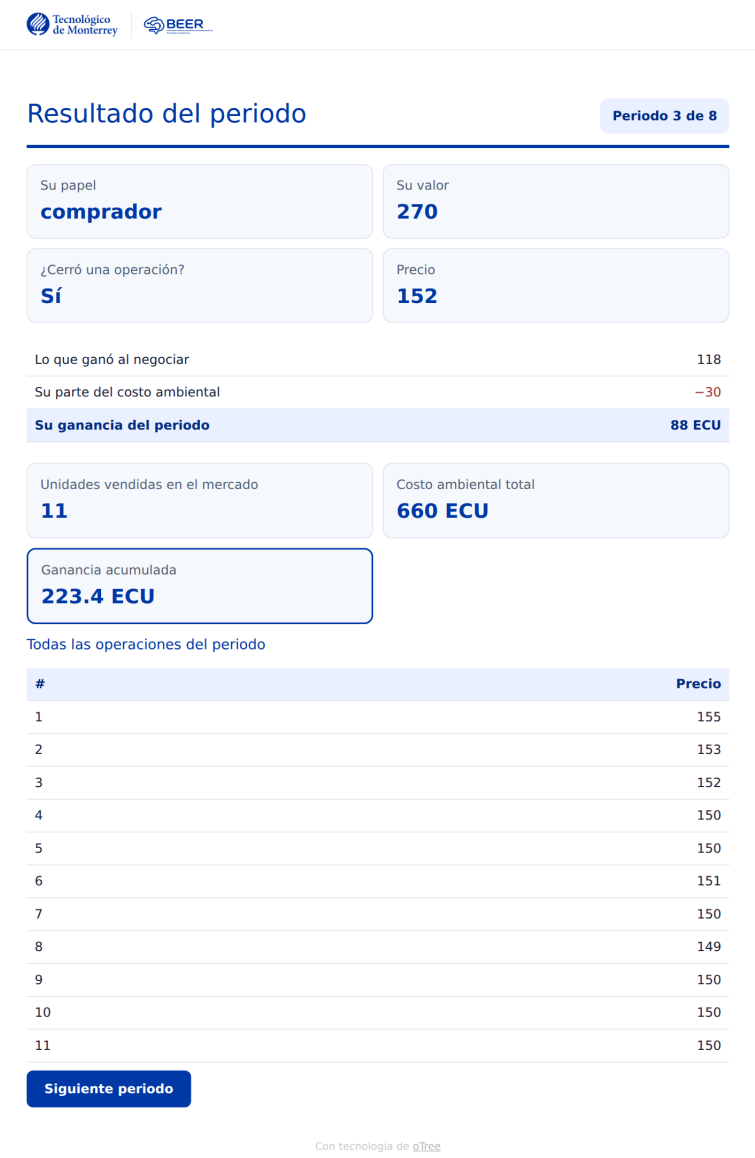
Costo ambiental por participante hasta ahora
16.4 ECU

Operaciones cerradas en este periodo

#	Precio
1	180
2	175
3	170
4	165
5	160
6	158

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.7: Pantalla de negociación de un comprador en un periodo libre: su valor, las mejores ofertas, las unidades vendidas en el mercado y el costo ambiental por participante acumulado (decisiones simuladas).



3.4 El anuncio y la subasta de permisos



Nueva regla del mercado

Periodo 4 de 8

A partir de este periodo y hasta el final, **cada unidad vendida necesita un permiso**. En cada periodo hay **9 permisos** para todo el mercado; cada vendedor puede tener como máximo uno. Antes de que abra el mercado, los vendedores los compran en una subasta: cada vendedor escribe en secreto cuánto está dispuesto a pagar; las 9 ofertas más altas ganan y todas pagan el mismo precio, igual a la oferta más alta que no ganó. Lo recaudado se reparte en partes iguales entre los 22 participantes al final del periodo. Un permiso solo sirve para el periodo en que se obtiene.

Como vendedor, sin permiso no podrá vender en el periodo. El precio que pague por un permiso no se recupera si después no vende.

El costo ambiental de 60 ECU por unidad vendida se sigue repartiendo entre todos los participantes.

[Continuar](#)

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.9: Anuncio antes del periodo 4 (permisos subastados, 22 participantes), visto por un vendedor.



Tiempo disponible para completar esta página: 1:22

Subasta de permisos

Periodo 4 de 8

Cada unidad vendida necesita un permiso. Permisos en el mercado: 9 (subastados entre vendedores).

Su costo

30 ECU

Permisos en subasta

9

- Escriba cuánto está dispuesto a pagar, como máximo, por un permiso para este periodo. Escriba 0 si no quiere permiso.
- Las 9 ofertas más altas ganan un permiso. Todas pagan el mismo precio: la oferta más alta que no ganó (0 si hay 9 ofertas o menos). Los empates se resuelven al azar.
- Lo que paga por el permiso se resta de su ganancia aunque después no venda. Lo recaudado se reparte en partes iguales entre los 22 participantes.

Su oferta por un permiso (ECU)

65

Puede ofrecer entre 0 y 270 ECU.

Enviar oferta

Con tecnología de 

Figura 3.10: Subasta de permisos: el vendedor escribe cuánto está dispuesto a pagar. Lo más que puede ofrecer es 300 menos su costo, el precio más alto posible del producto (decisiones simuladas).



Figura 3.11: Mientras tanto, los compradores esperan.



Figura 3.12: Negociación de un vendedor con permiso: el aviso de la regla y su situación (decisiones simuladas).

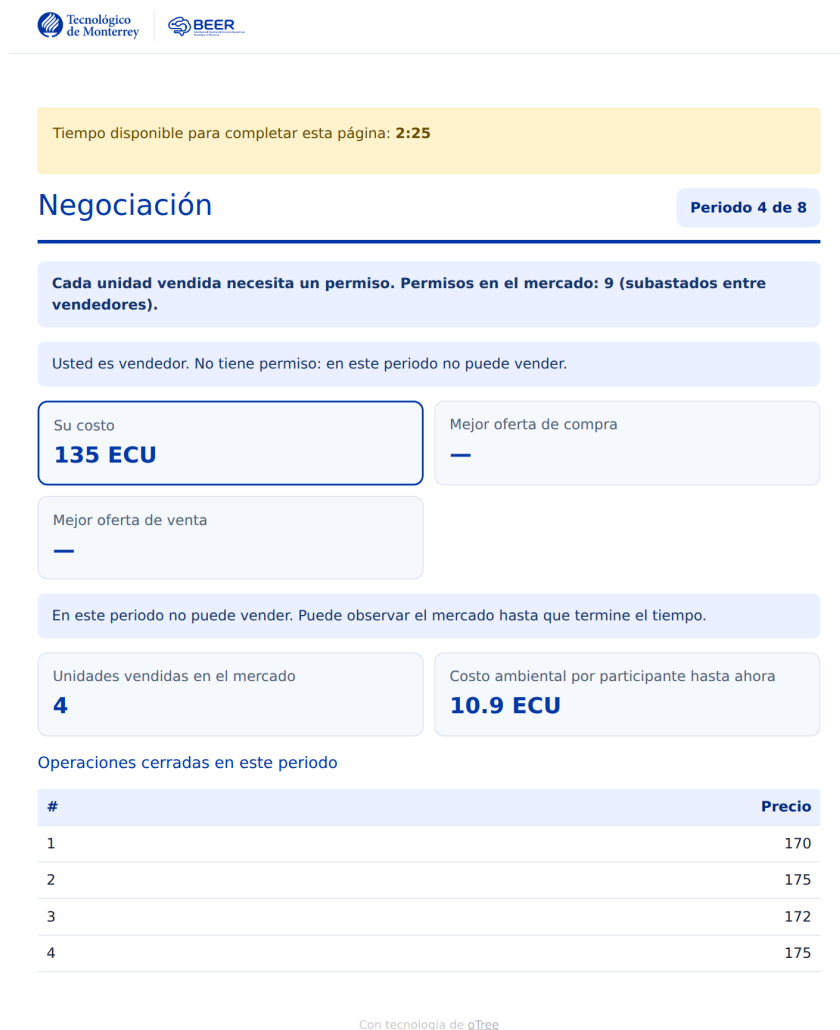


Figura 3.13: Un vendedor sin permiso no puede vender: en lugar de los controles de negociación ve un aviso (decisiones simuladas).

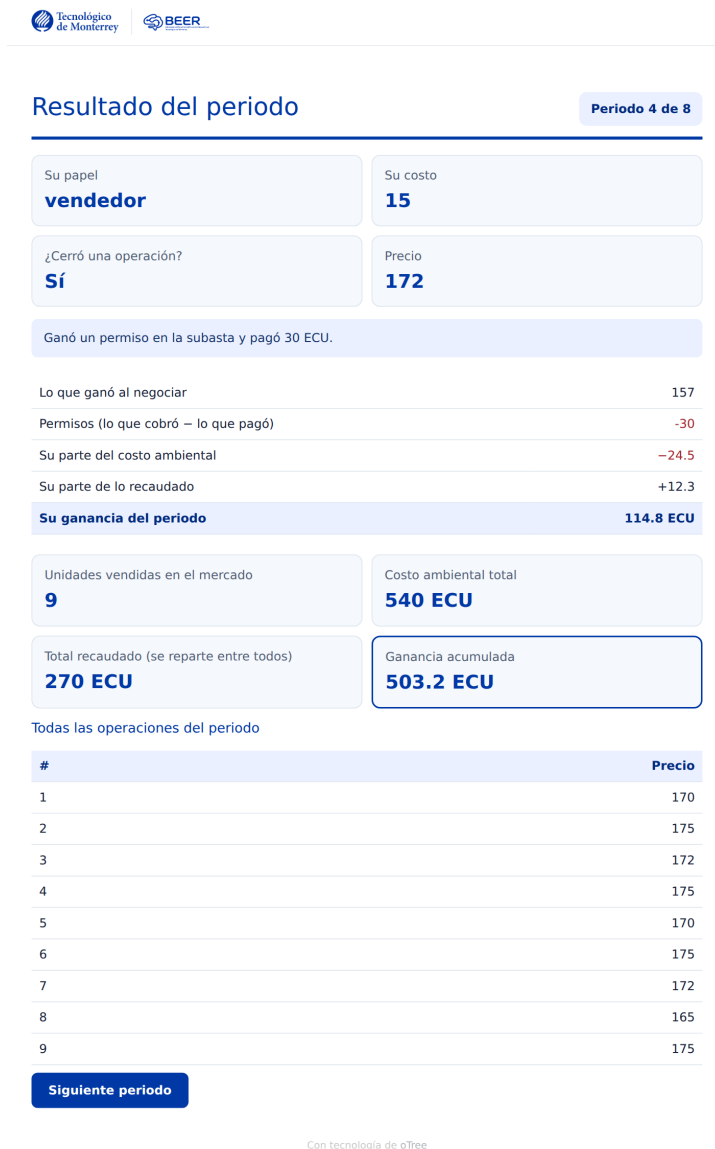


Figura 3.14: Resultado de un vendedor que ganó un permiso en la subasta: lo que pagó, su parte del costo ambiental y su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).

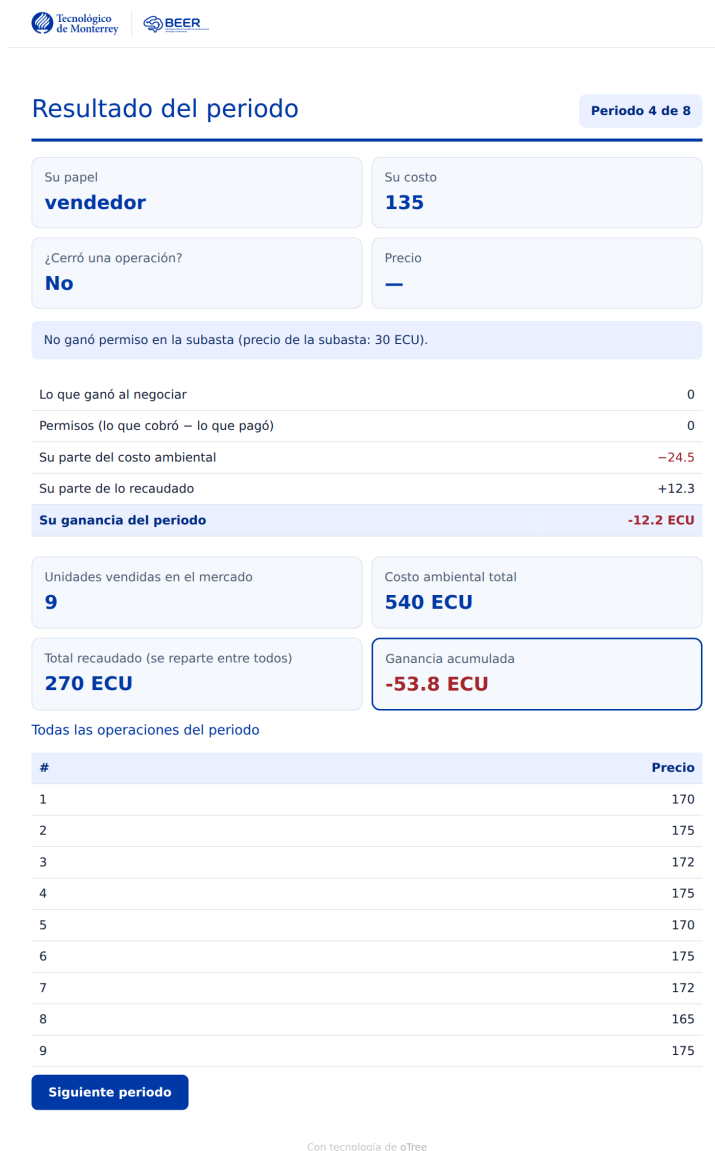


Figura 3.15: Resultado de un vendedor que no ganó permiso: no vendió, pero recibe su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).

3.5 Permisos gratuitos y su mercado

En este tratamiento la subasta se sustituye por un mercado de permisos entre vendedores. Quien recibió un permiso puede usarlo o venderlo; quien no recibió puede comprar uno. Lo más que alguien puede ofrecer es 300 menos su costo.

Nueva regla del mercado

Periodo 4 de 8

A partir de este periodo y hasta el final, **cada unidad vendida necesita un permiso**. En cada periodo hay **9 permisos** para todo el mercado; se entregan gratis, uno a cada uno de 9 vendedores elegidos al azar. Antes de que abra el mercado, los vendedores tienen 90 segundos para comprar y vender permisos entre sí: quien tiene un permiso puede venderlo y quien no tiene puede comprar uno. Un permiso solo sirve para el periodo en que se entrega.

Como vendedor, sin permiso no podrá vender en el periodo. El precio que pague por un permiso no se recupera si después no vende.

El costo ambiental de 60 ECU por unidad vendida se sigue repartiendo entre todos los participantes.

Continuar

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.16: Anuncio de los permisos gratuitos, visto por un vendedor.



Tiempo disponible para completar esta página: **1:27**

Mercado de permisos

Periodo 4 de 8

Cada unidad vendida necesita un permiso. Permisos en el mercado: 9 (entregados gratis y negociables entre vendedores).

En este periodo usted no recibió permiso. Puede comprar uno a otro vendedor; sin permiso no podrá vender el producto.

Su costo

120 ECU

¿Tiene permiso?

No

Dinero por permisos (ventas – compras)

0 ECU

Mejor oferta de compra de permiso

40

Mejor oferta de venta de permiso

60

Su oferta para comprar un permiso

Ofrecer comprar

Comprar a la mejor oferta de venta

- Solo participan los vendedores. Este mercado dura 90 segundos; después abre el mercado del producto.
- Quien tiene un permiso puede ofrecer venderlo o aceptar la mejor oferta de compra; quien no tiene puede ofrecer comprar uno o aceptar la mejor oferta de venta. Las ofertas nuevas deben mejorar las vigentes.
- El dinero de los permisos se suma o se resta de su ganancia del periodo. Lo más que puede ofrecer por un permiso es 180 ECU.

Permisos negociados en este periodo

#	Precio
---	--------

Con tecnología de 

Figura 3.17: Mercado de permisos de un vendedor de costo bajo que no recibió permiso: puede ofrecer comprar uno (decisiones simuladas).



Tiempo disponible para completar esta página: **1:24**

Mercado de permisos

Periodo 4 de 8

Cada unidad vendida necesita un permiso. Permisos en el mercado: 9 (entregados gratis y negociables entre vendedores).

En este periodo usted recibió un permiso gratis. Puede usarlo para vender una unidad del producto o venderlo a otro vendedor.

Su costo
135 ECU

¿Tiene permiso?
SÍ

Dinero por permisos (ventas – compras)
0 ECU

Mejor oferta de compra de permiso
40

Mejor oferta de venta de permiso
60

Su oferta para vender su permiso

60

Ofrecer vender

Vender a la mejor oferta de compra

- Solo participan los vendedores. Este mercado dura 90 segundos; después abre el mercado del producto.
- Quien tiene un permiso puede ofrecer venderlo o aceptar la mejor oferta de compra; quien no tiene puede ofrecer comprar uno o aceptar la mejor oferta de venta. Las ofertas nuevas deben mejorar las vigentes.
- El dinero de los permisos se suma o se resta de su ganancia del periodo. Lo más que puede ofrecer por un permiso es 165 ECU.

Permisos negociados en este periodo

#	Precio
---	--------

Con tecnología de 

Figura 3.18: Mercado de permisos de un vendedor de costo alto que recibió uno: puede usarlo o venderlo (decisiones simuladas).




Tiempo disponible para completar esta página: **1:22**

Mercado de permisos

Periodo 4 de 8

Cada unidad vendida necesita un permiso. Permisos en el mercado: 9 (entregados gratis y negociables entre vendedores).

En este periodo usted recibió un permiso gratis. Puede usarlo para vender una unidad del producto o venderlo a otro vendedor.

Su costo
135 ECU

¿Tiene permiso?
No

Dinero por permisos (ventas – compras)
50 ECU

Mejor oferta de compra de permiso
 —

Mejor oferta de venta de permiso
 —

Su oferta para comprar un permiso

Ofrecer comprar

Comprar a la mejor oferta de venta

- Solo participan los vendedores. Este mercado dura 90 segundos; después abre el mercado del producto.
- Quien tiene un permiso puede ofrecer venderlo o aceptar la mejor oferta de compra; quien no tiene puede ofrecer comprar uno o aceptar la mejor oferta de venta. Las ofertas nuevas deben mejorar las vigentes.
- El dinero de los permisos se suma o se resta de su ganancia del periodo. Lo más que puede ofrecer por un permiso es 165 ECU.

Permisos negociados en este periodo

#	Precio
1	50

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.19: El vendedor de costo alto aceptó la oferta y vendió el permiso que recibió gratis (decisiones simuladas).






Por favor, espere

Los vendedores están negociando permisos (hasta 90 segundos). Después abrirá el mercado. Mantenga abierta esta página.

Figura 3.20: Los compradores esperan mientras los vendedores negocian permisos.



Figura 3.21: Después, en el mercado del producto, quien vendió su permiso ya no puede vender (decisiones simuladas).

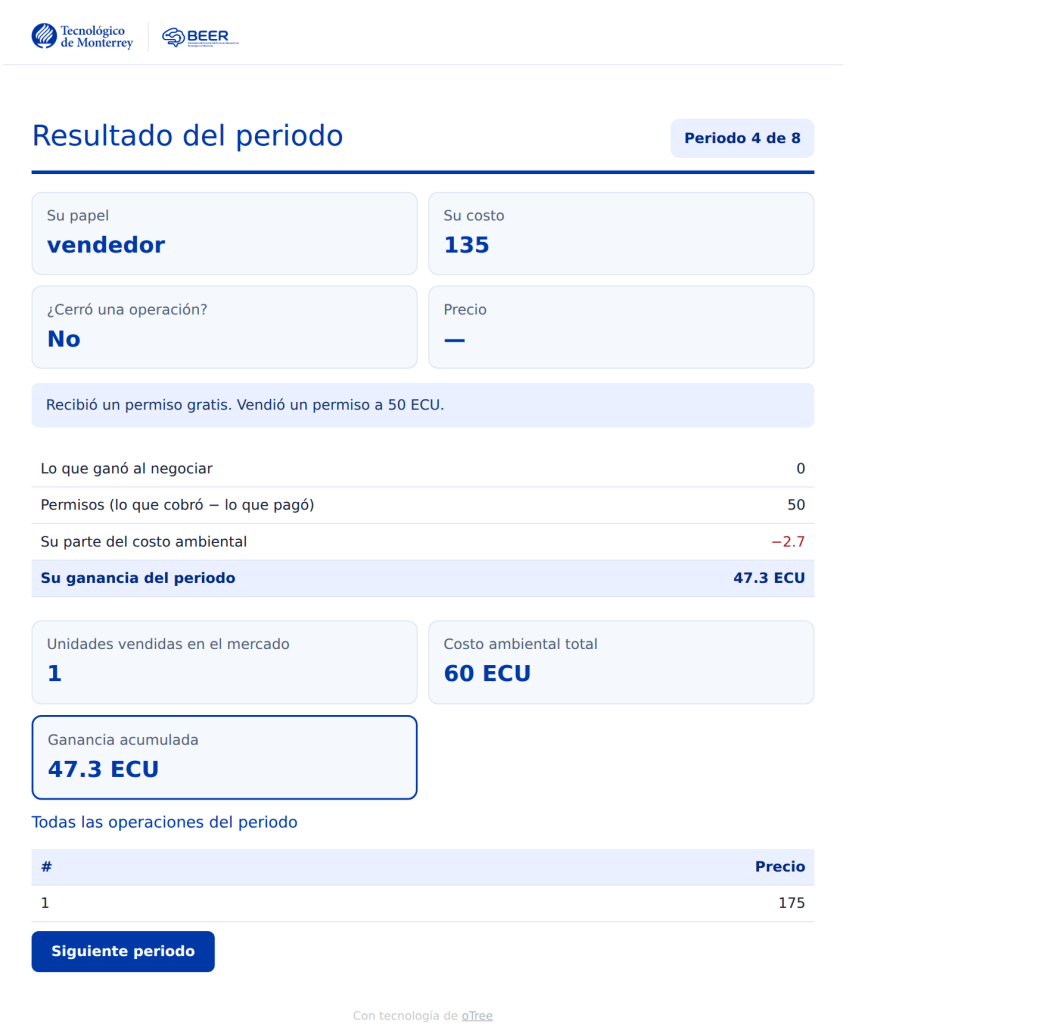




Figura 3.23: Resultado de quien compró el permiso y vendió una unidad (decisiones simuladas).

Fin de la actividad

Periodo 8 de 8

Su ganancia total

658 ECU

Periodo	Cerró operación	Precio	Ganancia al negociar	Costo ambiental	Recaudación devuelta	Ganancia del periodo
1	Sí	175	95	-27.3	0	67.7
2	Sí	175	95	-27.3	0	67.7
3	Sí	152	118	-30	0	88
4	Sí	172	98	-24.5	12.3	85.8
5	Sí	176	94	-24.5	16.4	85.9
6	Sí	178	92	-24.5	18.4	85.9
7	Sí	178	92	-24.5	20.5	88
8	Sí	177	93	-24.5	20.5	89

Gracias por participar. Espere las indicaciones del personal docente.

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 3.24: Cierre: ganancia total e historial por periodo (decisiones simuladas).

Informe docente y feedback

4.1 Cuándo revelar

Report abre con los resultados ocultos y muestra participantes, compradores, vendedores y periodos completos. Pulse **Mostrar resultados** al terminar el último periodo (o al terminar el periodo 3, para pedir predicciones antes de los permisos).



Figura 4.1: Informe con resultados ocultos.

4.2 Cómo leer el informe

El informe sigue el mismo formato que el de controles de precios: debajo de cada gráfica hay una nota que explica cómo leerla, y todas las referencias se calculan con el número real de participantes.

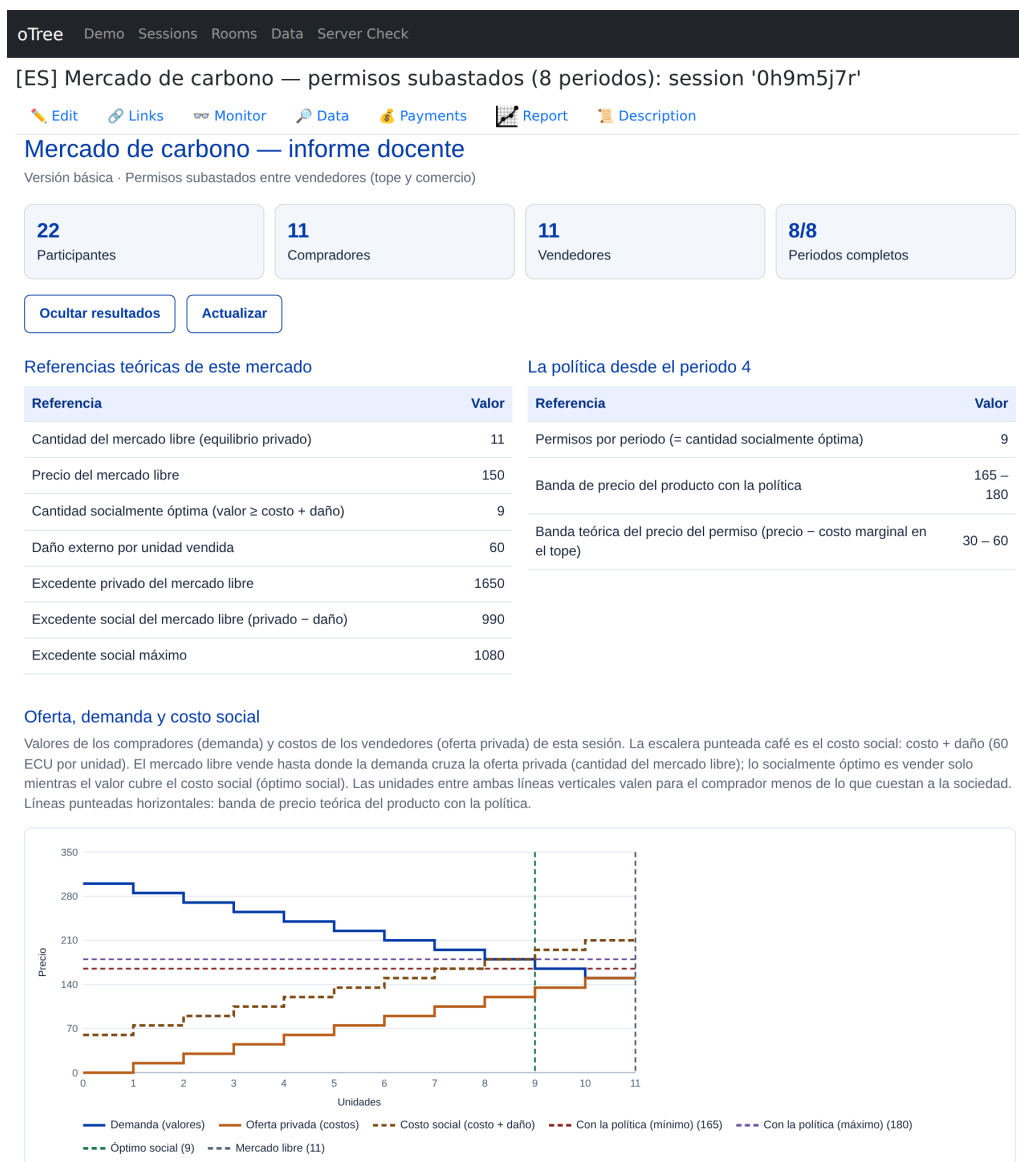


Figura 4.2: Informe revelado: referencias del mercado libre y del óptimo social, la política, y la oferta, la demanda y el costo social de la sesión (decisiones simuladas).

1. **Referencias y política** (figura 4.2): el mercado libre negocia q_p unidades (11 con 22 o más, a 150); el óptimo social es q_s , las unidades cuyo valor cubre el costo más el daño (9). La política: permisos por periodo, banda del precio del producto con el tope (165–180) y banda teórica del permiso (30–60).
2. **Oferta, demanda y costo social**: es la figura de la externalidad. La escalera punteada café es el costo social (costo + 60). La línea vertical en 11 marca lo que vende el mercado libre; la de 9, el óptimo social. Las unidades 10 y 11 están entre las dos: su valor cubre el costo privado pero no el social.

Precio de cada operación, en orden

Cada punto es una operación del mercado del producto, en el orden en que se cerró; las líneas verticales separan los periodos. Líneas punteadas: precio del mercado libre en todos los periodos y, solo en los periodos con la política, la banda de precio teórica con la política.



Precio del permiso

Un punto por periodo con permisos: el precio uniforme de la subasta (la puja más alta que no ganó), que pagan todos los ganadores. Líneas punteadas: banda teórica del precio del permiso (precio del producto con el tope menos el costo de los vendedores en el margen).

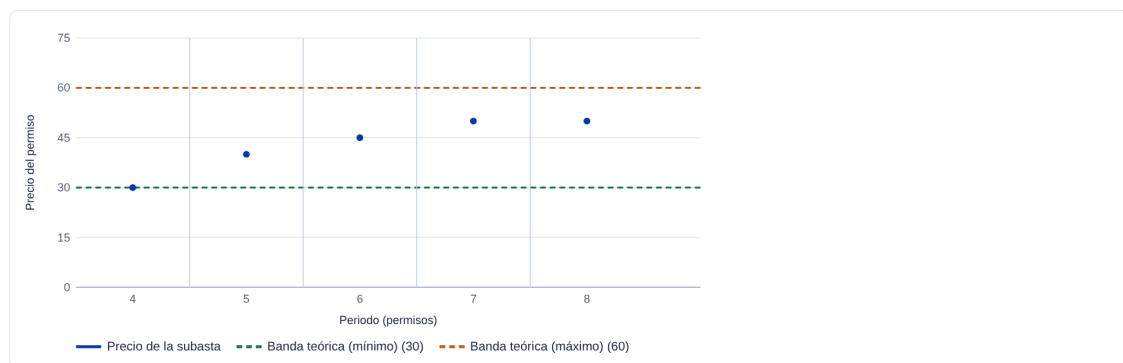


Figura 4.3: Precio de cada operación en orden y precio del permiso en cada subasta, con sus bandas teóricas (decisiones simuladas).

3. **Precio de cada operación, en orden:** cada punto es una venta del producto; las líneas verticales separan los periodos. El precio converge a 150 en los periodos libres y salta a la banda 165–180 (dibujada solo en los periodos con permisos) cuando empieza el tope.
4. **Precio del permiso:** con subasta, un punto por periodo (el precio uniforme); con permisos gratuitos, cada venta de permiso entre vendedores. Debería quedar en la banda 30–60.

Excedente realizado: compradores, vendedores y sociedad

Arriba a la izquierda, compradores: la escalera es la demanda y cada barra azul es la ganancia de un comprador que compró (de su precio a su valor). Arriba a la derecha, vendedores: la escalera es la oferta (costos) y cada barra va del costo al precio; la parte morada es lo pagado por el permiso o el impuesto y la naranja la ganancia neta (verde: ingreso por vender un permiso; rojo: pérdida, por ejemplo un permiso pagado y no usado). Escalera morada punteada: costo + precio del permiso (o + impuesto), el costo efectivo de vender. En gris, el excedente de cada lado en el equilibrio teórico de la fase. Abajo, la sociedad: demanda frente al costo social; cada unidad vendida es una barra del costo social al valor, verde si suma excedente social y roja si el valor no cubre costo + daño (la sobreproducción del mercado libre). En gris, el excedente social máximo. Elija el periodo con los botones.

Periodo 1

Periodo 2

Periodo 3

Periodo 4

Periodo 5

Periodo 6

Periodo 7

Periodo 8

Periodo 8 · Permisos subastados entre vendedores (tope y comercio) · Unidades vendidas: 9 (teoría: 9) · Unidades que destruyen excedente social: 0 · Eficiencia: 100%

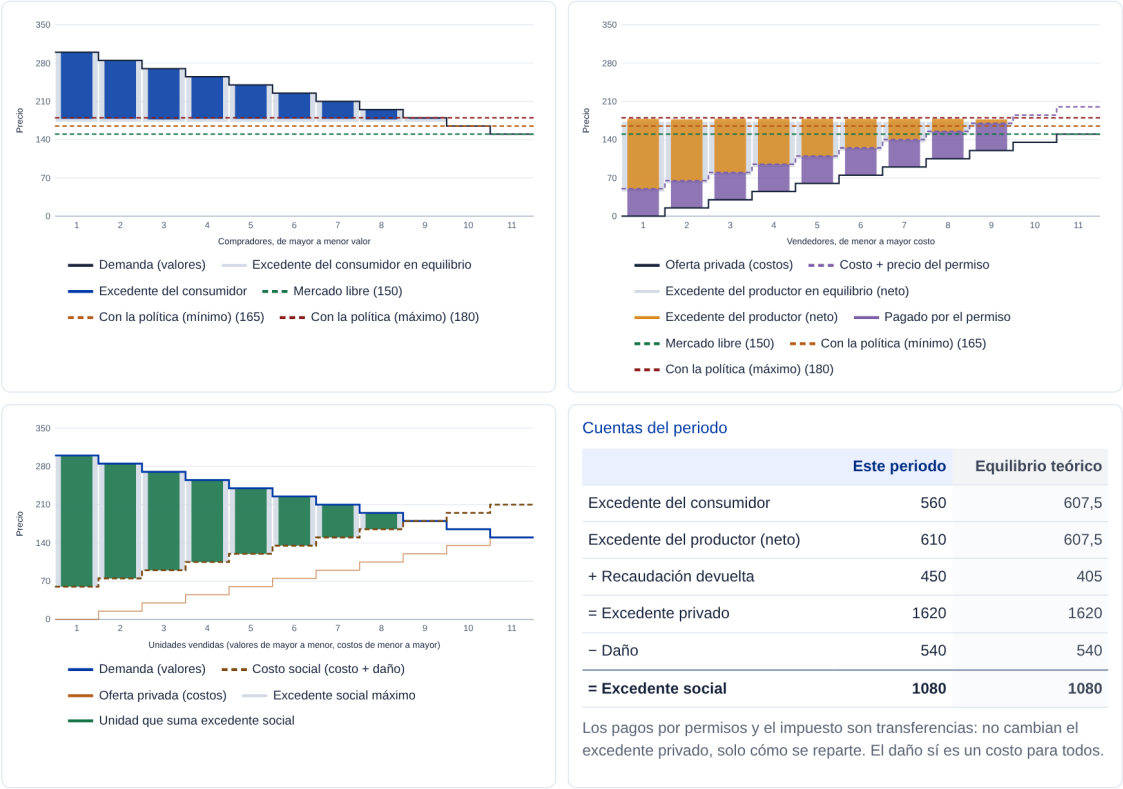


Figura 4.4: Excedente realizado en un periodo con permisos: compradores, vendedores (con lo pagado por el permiso), sociedad y las cuentas del periodo (decisiones simuladas).



Figura 4.5: El mismo recuadro en un periodo libre: las unidades 10 y 11 aparecen en rojo, destruyen excedente social (decisiones simuladas).

5. **Excedente realizado** (botones por periodo; abre en el último): compradores, con una barra azul por comprador que compró (de su precio a su valor); vendedores, con una barra por vendedor que vendió, de su costo a su precio, en la que la parte morada es lo que pagó por el permiso y la naranja su ganancia neta (verde: ingreso por vender un permiso sin producir; rojo: un permiso pagado y no usado); y la sociedad: demanda frente al costo social, con una barra por unidad vendida que va del costo social al valor, verde si suma y **roja si destruye excedente social**. En gris, el excedente del equilibrio teórico de la fase (el punto medio de la banda de precios). El recuadro de cuentas suma excedente del consumidor + excedente del productor neto + recaudación = excedente privado, y resta el daño para llegar al excedente social: los permisos y el impuesto solo reparten.

Antes y después de la política (promedio por periodo)

	Mercado libre	Permisos subastados	Mercado libre en equilibrio (teoría)	Óptimo social con la política (teoría)
Periodos	3	5	—	—
Unidades vendidas	10,3	9	11	9
Precio del producto	160,2	176,3	150	172,5
Precio del permiso	—	43	—	45
Excedente del consumidor	707,3	570,4	825	607,5
Excedente del productor (neto)	927,7	659,6	825	607,5
Recaudación	0	387	0	405
Excedente privado	1635	1617	1650	1620
Daño	620	540	660	540
Excedente social	1015	1077	990	1080
Eficiencia	94%	99,7%	91,7%	100%
α de Smith	9,7	2,7	—	—
Ventas fuera del conjunto eficiente	0	0	0	0
Unidades que destruyen excedente social	1,7	0,2	2	0
Daño por participante	28,2	24,5	—	—
Ganancia neta por participante	46,1	49	—	—

Promedio por periodo de cada fase y, en gris, las referencias teóricas con este número de participantes. Excedente del consumidor = Σ (valor – precio). Excedente del productor (neto) = ganancias de los vendedores después de pagar permisos o impuesto. Recaudación: subasta o impuesto, devuelta en partes iguales. Consumidor + productor + recaudación = excedente privado = Σ (valor – costo); excedente social = privado – daño; eficiencia = excedente social / excedente social máximo. α de Smith: desviación cuadrática media de los precios respecto del precio teórico de la fase, en % de ese precio. Ventas fuera del conjunto eficiente: unidades vendidas por vendedores cuyo costo no está entre los K más bajos (K = cantidad del mercado libre; con la política, la cantidad de equilibrio con la política). Unidades que destruyen excedente social: valor < costo + daño, emparejando los valores de mayor a menor con los costos de menor a mayor de las unidades vendidas.

Figura 4.6: Antes y después de los permisos, con el mercado libre en equilibrio y el óptimo social como referencias (decisiones simuladas).

6. **Antes y después** (promedio por periodo, con dos columnas grises de referencia): unidades, precios del producto y del permiso, excedente del consumidor, excedente del productor neto, recaudación, excedente privado, daño, excedente social, eficiencia (social entre el máximo), α de Smith (dispersión de los precios alrededor del precio teórico de la fase, en %), ventas de vendedores fuera del conjunto eficiente, unidades que destruyen excedente social, y daño y ganancia neta por participante. Con permisos gratuitos se agregan los permisos regalados a vendedores de costo alto, los que siguen en sus manos al cerrar el mercado de permisos y la renta de los permisos gratuitos (permisos $\times$ precio del permiso).
7. **Unidades y excedente social por periodo** y una **tabla por periodo** con las mismas medidas (figura 4.7).

Resultados por periodo

Periodo	Fase	Unidades ventas	Precio del producto	Precio del permiso	Excedente del consumidor	Excedente del productor (neto)	Recaudación	Daño	Excedente social	Eficiencia	α de Smith	fi c e
1	Mercado libre	10	169,3	—	617	1018	0	600	1035	95,8%	17,4	
2	Mercado libre	10	160,5	—	690	930	0	600	1020	94,4%	10,4	
3	Mercado libre	11	150,9	—	815	835	0	660	990	91,7%	1,3	
4	Permisos subastados	9	172,1	30	596	739	270	540	1065	98,6%	1,9	
5	Permisos subastados	9	176,2	40	574	686	360	540	1080	100%	2,3	
6	Permisos subastados	9	177,7	45	561	654	405	540	1080	100%	3,1	
7	Permisos subastados	9	177,7	50	561	609	450	540	1080	100%	3	
8	Permisos subastados	9	177,8	50	560	610	450	540	1080	100%	3,1	

Totales de cada periodo, con las definiciones de la tabla «Antes y después».

Los datos individuales se descargan en Data → Custom export (carbon_market).

Figura 4.7: Unidades y excedente social por periodo, y tabla por periodo (decisiones simuladas).

Guion para el feedback

Empiece por el periodo 3 en el recuadro de excedente: proyecte la gráfica de la sociedad y pregunte qué son las barras rojas (unidades que se vendieron aunque su valor no cubre el costo más el daño). Pregunte a los vendedores de costo alto si les convenía vender (sí: ganaban casi nada y pagaban solo 1/22 del daño). Pase después a un periodo con permisos: las barras rojas desaparecen, el precio sube y aparece la parte morada (el permiso). Con permisos gratuitos, pregunte: si el permiso fue gratis, ¿por qué subió el precio del producto? ¿Quién se quedó con la diferencia?

Fundamentos teóricos y evidencia

Este capítulo desarrolla la teoría del juego: el óptimo privado y el social con los valores y costos inducidos del juego, la pérdida irrecuperable de eficiencia por sobreproducción contada unidad por unidad y con el triángulo de los libros de texto, el impuesto pigouviano, el tope con comercio y el precio del permiso, la subasta frente a la asignación gratuita de permisos (incluido el efecto lotería de sortear los permisos gratuitos), la norma de desempeño, y la relación de cada medida del informe docente con la teoría. Todos los números corresponden a una clase de 22 o más participantes (11 compradores y 11 vendedores marginales); el informe calcula los de su clase (sección 6.1).

5.1 Notación: óptimo privado y óptimo social

Hay N participantes: n_B compradores y n_S vendedores. El comprador de rango k (de mayor a menor valor) valora una unidad en v_k ; el vendedor de rango k (de menor a mayor costo) la produce a c_k . En el juego

$$v_k = 300 - 15(k - 1), \quad c_k = 15(k - 1), \quad k = 1, 2, \dots$$

La demanda y la oferta son escaleras, $Q^d(p) = \#\{k : v_k \geq p\}$ y $Q^s(p) = \#\{k : c_k \leq p\}$. Cada unidad vendida causa además un daño externo $D = 60$. El **costo marginal privado** de la unidad k es c_k ; su **costo marginal social**, $c_k + D$. Las dos referencias son

$$q_p = \max\{k : v_k \geq c_k\}, \quad q_s = \max\{k : v_k \geq c_k + D\}.$$

El mercado libre negocia q_p unidades y cualquier precio de la banda $[\max(c_{q_p}, v_{q_p+1}), \min(v_{q_p}, c_{q_p+1})]$ vacía el mercado; con 22 o más participantes, $q_p = 11$ y la banda se reduce a un punto, $p_p = 150$. El óptimo social es $q_s = 9$: $v_9 = 180 = c_9 + 60$, mientras que $v_{10} = 165 < c_{10} + 60 = 195$. Si q unidades las negocian los mejores compradores y vendedores,

$$W^{\text{priv}}(q) = \sum_{k=1}^q (v_k - c_k), \quad \text{daño} = Dq, \quad W^{\text{soc}}(q) = W^{\text{priv}}(q) - Dq = \sum_{k=1}^q (v_k - c_k - D).$$

En el juego, $W^{\text{priv}}(q_p) = 1650$, el daño es $60 \times 11 = 660$ y $W^{\text{soc}}(q_p) = 990$; en el óptimo, $W^{\text{priv}}(q_s) = 1620$, el daño es 540 y el **excedente social máximo** es $W^{\text{soc}}_{\text{máx}} = W^{\text{soc}}(q_s) = 1080$. Para las operaciones realizadas, W^{priv} es la suma de $v_i - c_j$ de esas operaciones, $W^{\text{soc}} = W^{\text{priv}} - Dq$, y la **eficiencia** del informe es $E = W^{\text{soc}}/W^{\text{soc}}_{\text{máx}}$. Un mercado libre exactamente en su equilibrio obtiene $990/1080 = 91,7\%$: la externalidad cuesta 8,3 % del máximo aunque el mercado “funcione”.

Los permisos y el impuesto son transferencias. Con EC el excedente de los compradores, EP el de los vendedores neto de lo que pagan (o cobran) por permisos e impuestos y R la recaudación que se devuelve a todos,

$$EC + EP + R = W^{\text{priv}}, \quad W^{\text{soc}} = W^{\text{priv}} - Dq.$$

Unidad k	Valor v_k	Costo c_k	Costo social $c_k + D$	Ganancia privada $v_k - c_k$	Ganancia social $v_k - c_k - D$
1	300	0	60	300	240
2	285	15	75	270	210
3	270	30	90	240	180
4	255	45	105	210	150
5	240	60	120	180	120
6	225	75	135	150	90
7	210	90	150	120	60
8	195	105	165	90	30
9	180	120	180	60	0
10	165	135	195	30	-30
11	150	150	210	0	-60
Total 1-9				1620	1080
Total 1-11				1650	990

Fundamento teórico

La aproximación de libro de texto. Si se trazan rectas por los escalones, la demanda inversa es $P^d(q) = 315 - 15q$, la oferta privada $P^s(q) = 15q - 15$ y el costo marginal social $CMS(q) = P^s(q) + D = 15q + 45$. La demanda cruza la oferta privada en $q = 11$, $p = 150$, y el costo marginal social en $q = 9$, $p = 180$, igual que la escalera. Las rectas pasan por la esquina derecha de cada escalón ($P^d(k) = v_k$, $P^s(k) = c_k$); ese detalle explica por qué triángulos y escalones dan áreas distintas (sección siguiente).

5.2 El mercado libre: la cuña de la externalidad y la pérdida irrecuperable

En cualquier cantidad, el costo marginal social supera al privado en lo mismo, la **cuña** $D = 60$. El mercado se detiene donde se acaba la ganancia privada ($v_{11} = c_{11} = 150$); la sociedad debería detenerse donde se acaba la ganancia social ($v_9 = c_9 + D = 180$). Las unidades intermedias, $k = q_s + 1, \dots, q_p$, cumplen $v_k \geq c_k$ (alguien gana al negociarlas) pero $v_k < c_k + D$: cada una destruye excedente social. La **pérdida irrecuperable por sobreproducción** es

$$\text{PIM} = W^{\text{soc}}(q_s) - W^{\text{soc}}(q_p) = \sum_{k=q_s+1}^{q_p} (c_k + D - v_k) = (195 - 165) + (210 - 150) = 30 + 60 = 90,$$

8,3 % de $W^{\text{soc}}_{\text{máx}}$. El triángulo de la aproximación lineal es

$$\frac{1}{2} (q_p - q_s) [\text{CMS}(q_p) - P^d(q_p)] = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 60 = 60.$$

Aquí la escalera da una pérdida *mayor* que el triángulo. Cada escalón ocupa el intervalo $[k-1, k]$ a la altura del extremo derecho de la recta, donde la distancia entre costo social y valor, $\text{CMS}(q) - P^d(q) = 30q - 270$, es mayor: cada unidad sobreproducida pierde 15 más que la franja del triángulo que tiene encima, y $60 + 2 \times 15 = 90$. Con un precio máximo pasa lo contrario: las unidades que se pierden tienen excedente positivo, y la escalera da una pérdida menor que el triángulo.

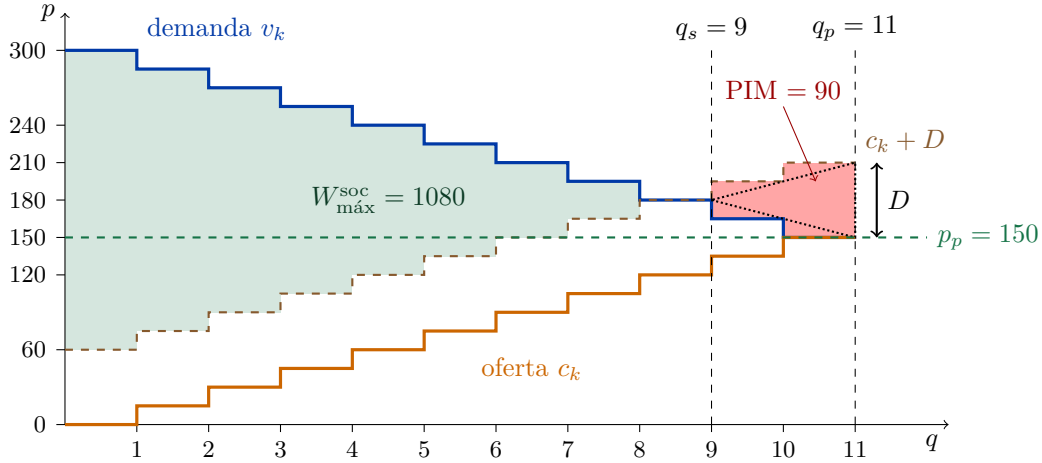


Figura 5.1: La externalidad con 22 participantes. Azul: demanda v_k ; naranja: oferta privada c_k ; café punteado: costo social $c_k + D$. Verde: excedente social de las unidades 1–9. Rojo: las unidades 10 y 11, que el mercado libre negocia aunque $v_k < c_k + D$ (PIM = 30 + 60 = 90). El triángulo punteado es la aproximación lineal (área 60).

Quién carga el daño. Todos, en partes iguales: cada participante paga Dq/N , es decir $660/22 = 30$ en el equilibrio del mercado libre y $540/22 \approx 24,5$ en el óptimo, haya negociado o no. Un vendedor que vende una unidad más carga solo $D/N = 60/22 \approx 2,7$ del daño de esa unidad, y su comprador otros 2,7; los 54,5 restantes, más o menos, recaen en el resto de la clase. En rigor, una pareja que contara su propia parte solo negociaría si $v_i - c_j \geq 2D/N \approx 5,5$: eso descarta la unidad 11 (ganancia privada 0), pero no la 10, cuya ganancia de 30 supera 5,5 y aun así no alcanza los 60 que le cuesta a la clase. El informe conserva la referencia de libro de texto, $q_p = 11$; cuanto más grande la clase, más pequeño D/N . Es la lógica de los bienes comunes: como el daño se reparte entre todos, nadie tiene motivo para detenerse. Es la idea de [Pigou \(1920\)](#): la producción excede el óptimo social cuando el costo marginal privado es menor que el social.

5.3 El impuesto pigouviano

Un impuesto por unidad t que paga el vendedor eleva el costo efectivo de la unidad k a $c_k + t$. El mercado negocia $q(t) = \max\{k : v_k \geq c_k + t\}$ unidades, y con $t = D$ el cálculo privado coincide con el social: $q(D) = q_s = 9$. La banda de precios $[\max(c_9 + t, v_{10}), \min(v_9, c_{10} + t)] = [\max(180, 165), \min(180, 195)]$ se reduce a un solo precio: los compradores pagan $p_b = 180$ y los vendedores se quedan con $p_s = p_b - t = 120$. Frente al mercado libre, los compradores pagan 30 más y los vendedores reciben 30 menos: con demanda y oferta igual de inclinadas, la carga se reparte por mitades, sin importar quién paga legalmente el impuesto. Entonces

$$EC = \sum_{k=1}^9 (v_k - 180) = 540, \quad EP = \sum_{k=1}^9 (120 - c_k) = 540, \quad R = tq = 540,$$

de modo que $W^{\text{priv}} = 1620$, el daño es 540 y $W^{\text{soc}} = 1080 = W^{\text{soc}}_{\text{máx}}$. Frente al mercado libre, $\Delta EC = -285$, $\Delta EP = -285$, $R = +540$ y el daño baja 120: $\Delta W^{\text{soc}} = -285 - 285 + 540 + 120 = +90$. El excedente privado pierde solo 30 (la unidad 10; la 11 no tenía ganancia).

Devolución de la recaudación. Con $t = D$ la recaudación es igual al daño, $R = Dq$. Como ambos se reparten por partes iguales, la parte de la recaudación de cada participante (24,5) compensa exactamente su parte del daño (24,5). Devolver la recaudación por partes iguales no deshace el incentivo, porque la parte de cada quien casi no depende de su propia venta (solo a través del mismo $1/N$ que el daño).

5.4 Tope y comercio: el mismo óptimo, fijado por cantidad

Ahora el regulador emite $Q = q_s = 9$ permisos y cada unidad vendida necesita uno. Al precio del producto p , un permiso vale $p - c_k$ para el vendedor k . Un equilibrio competitivo de los dos mercados requiere:

1. **Mercado del producto:** exactamente Q compradores quieren comprar, $Q^d(p) = Q$, así que $p \in [v_{Q+1}, v_Q] = [165, 180]$.
2. **Mercado de permisos:** los permisos terminan en los Q vendedores de menor costo: el Q -ésimo prefiere usar su permiso a venderlo, $p - c_Q \geq r$, y el $(Q + 1)$ -ésimo prefiere no comprar uno, $p - c_{Q+1} \leq r$. Así, $r \in [p - c_{Q+1}, p - c_Q]$.

Juntando ambas condiciones,

$$r \in [v_{Q+1} - c_{Q+1}, v_Q - c_Q] = [165 - 135, 180 - 120] = [30, 60].$$

El precio del permiso es la **cuña entre el precio de demanda y el precio de oferta en el tope**, $r = P^d(Q) - P^s(Q)$. Con las rectas del libro de texto, $P^d(9) - P^s(9) = 180 - 120 = 60 = D$: un tope en q_s produce un precio del permiso igual al impuesto pigouviano. Es la equivalencia detrás de la propuesta de [Dales \(1968\)](#) y del resultado de [Montgomery \(1972\)](#): un mercado competitivo de permisos alcanza una meta de emisiones al menor costo. En el mercado discreto ambos precios están en tramos verticales de las escaleras (figura 5.2): en $q = 9$ la demanda baja de 180 a 165 y la oferta sube de 120 a 135, así que cualquier $p \in [165, 180]$ con $r \in [p - 135, p - 120]$ vacía los dos mercados. Solo la esquina $p = 180$, $r = 60$ reproduce exactamente el impuesto. Nada en la teoría escoge un punto de la banda; el informe la dibuja y usa su punto medio ($p = 172,5$, $r = 45$) como equilibrio teórico de la fase.

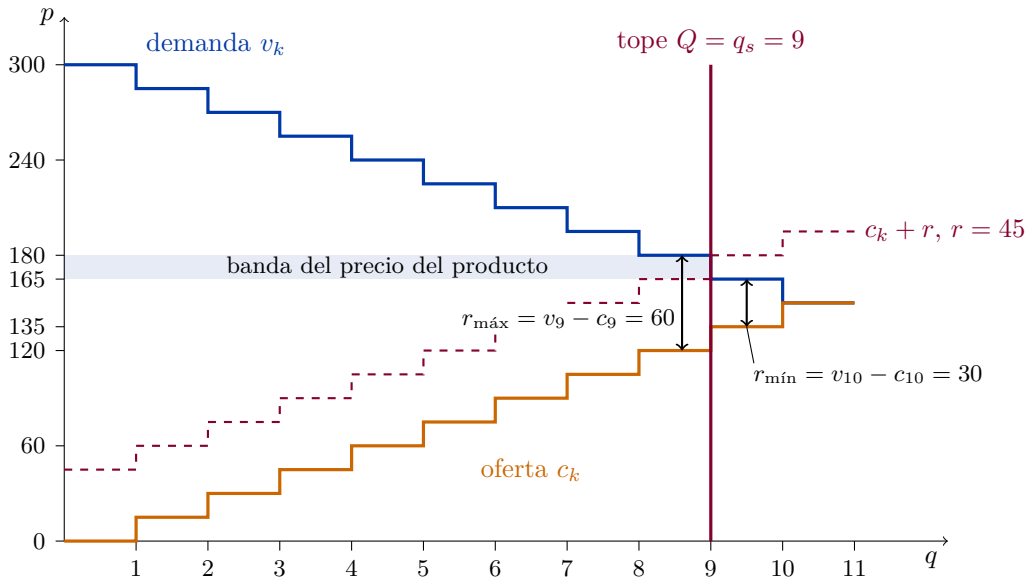


Figura 5.2: Tope y comercio con 9 permisos y 22 participantes. En el tope, el precio de demanda está entre $v_{10} = 165$ y $v_9 = 180$ (banda sombreada) y el de oferta entre $c_9 = 120$ y $c_{10} = 135$; el precio del permiso es la diferencia, entre 30 y 60. Morado punteado: la oferta efectiva $c_k + r$ con el $r = 45$ del informe, que corta la demanda justo en el tope.

Quién gana dentro de la banda. La eficiencia es la misma en todos los puntos de la banda ($W^{\text{priv}} = 1620$, $W^{\text{soc}} = 1080$); solo cambia el reparto. Con subasta:

Punto de la banda	Producto p	Permiso r	EC	EP (neto)	Recaudación $R = Qr$
Extremo inferior	165	30	675	675	270
Punto medio (informe)	172,5	45	607,5	607,5	405
Extremo superior (= impuesto)	180	60	540	540	540

La subasta. Cada vendedor ofrece por un permiso a lo más; ganan las 9 ofertas más altas y todos pagan la oferta más alta que no ganó. Como en [Vickrey \(1961\)](#), con demanda unitaria y esa regla de precio, ofrecer lo que vale el permiso, $p^e - c_k$ con p^e el precio del producto que uno espera, es una estrategia débilmente dominante: la oferta decide si uno gana, no lo que paga. Si los vendedores ofrecen así, ganan los 9 de menor costo y el precio es la décima oferta, $p^e - c_{10} = p^e - 135$: 37,5 si esperan 172,5, y entre 30 y 45 a lo largo de la banda. Quien gana paga aunque después no venda, así que ofrecer de más puede dejar una pérdida (una barra roja en el recuadro de los vendedores).

5.5 Permisos subastados o gratuitos: la misma eficiencia, otros ganadores

Eficiencia. Cuando los permisos se pueden negociar sin costo, su asignación final no depende de quién los recibió: cada permiso termina en el vendedor que más lo valora ([Coase, 1960](#); [Montgomery, 1972](#)). Con permisos gratuitos terminan produciendo los mismos 9 vendedores que con subasta, al mismo precio del producto.

Costo de oportunidad y traslado al precio. Un permiso regalado no es gratis para quien lo tiene: usarlo significa renunciar a venderlo a r . El costo efectivo de quien lo tiene es $c_k + r$, igual que si lo hubiera comprado, así que el precio del producto sube de 150 a la misma banda, [165, 180], aunque nadie pagó por los permisos.

Ganancias extraordinarias. La renta de escasez Qr está entre $9 \times 30 = 270$ y $9 \times 60 = 540$ (405 en el punto medio de la banda). Con subasta va a todos ($405/22 \approx 18,4$ por participante); con permisos gratuitos, a quienes los recibieron. En el punto medio de la banda, el excedente neto de los vendedores es 1012,5 con permisos gratuitos frente a 825 en el mercado libre (entre 945 y 1080 a lo largo de la banda): *los vendedores en conjunto ganan con la regulación*, y la pagan los compradores (el EC baja de 825 a 607,5).

El efecto lotería. En el juego, los 9 permisos gratuitos se sortean cada periodo entre los 11 vendedores. El argumento del libro de texto supone que después se negocian hasta llegar a los vendedores de menor costo; veamos primero qué pasa si no se negocian. Cada vendedor recibe un permiso con probabilidad $Q/n_S = 9/11$, así que el costo esperado de quienes los tienen es

$$\mathbb{E}\left[\sum_{\text{con permiso}} c\right] = Q \bar{c}_S, \quad \bar{c}_S = \frac{1}{n_S} \sum_{k=1}^{n_S} c_k = 75,$$

es decir $9 \times 75 = 675$ en lugar de $\sum_{k=1}^9 c_k = 540$. Todos los que tienen permiso pueden vender (el costo más alto, 150, es menor que $v_9 = 180$), así que sin comercio de permisos

$$\mathbb{E}[W_{\text{lotería}}^{\text{soc}}] = \sum_{k=1}^Q v_k - Q \bar{c}_S - DQ = 2160 - 675 - 540 = 945,$$

y toda la pérdida respecto del máximo es mala asignación:

$$W_{\text{máx}}^{\text{soc}} - \mathbb{E}[W_{\text{lotería}}^{\text{soc}}] = Q \bar{c}_S - \underbrace{\sum_{k=1}^Q c_k}_{\text{mala asignación}} = 675 - 540 = 135.$$

El número H de permisos que caen en los dos vendedores de costo alto (rangos 10 y 11) es hipergeométrico: $P(H = 2) = 36/55 \approx 65 \%$, $P(H = 1) = 18/55 \approx 33 \%$, $P(H = 0) = 1/55 \approx 2 \%$, con $\mathbb{E}[H] = 2 \times 9/11 \approx 1,64$.

22 participantes	Unidades	Exc. social	Eficiencia	Pérdida
Mercado libre en equilibrio (sobreproducción)	11	990	91,7 %	90
Tope con asignación eficiente (subasta, o permisos gratuitos negociados)	9	1080	100 %	0
Permisos gratuitos sorteados, sin comercio de permisos (mala asignación)	9	945	87,5 %	135

Regalar los permisos al azar y quedarse ahí sería *peor* que no hacer nada: 87,5 % frente a 91,7 %. El mercado de permisos es lo que convierte la lotería en la asignación eficiente. Cada permiso que pasa de un vendedor de costo alto a uno de costo bajo que no tenía recupera la diferencia de costos (del vendedor 11, costo 150, al vendedor 2, costo 15: 135); en promedio hacen falta 1,64 ventas de este tipo por periodo. Un vendedor de costo alto que conserva su permiso y vende puede incluso producir una unidad que destruye excedente social (costo 150 con un comprador de valor 180: $180 - 150 - 60 = -30$), así que pueden aparecer barras rojas con el tope. La pérdida crece con la clase: con 24 participantes (12 vendedores para 9 permisos) la eficiencia esperada sin comercio baja a 81,3 %, y con 30 a 69,3 % (algunos que tienen permiso ni siquiera pueden vender: 8,1 unidades en promedio), mientras que el mercado libre y el óptimo siguen en 990 y 1080.

Fundamento teórico

¿Corrige el mercado de permisos la lotería en el laboratorio? El sorteo es real, pero el mercado de permisos dura solo 90 segundos y cada reasignación requiere que un vendedor de costo alto con permiso y uno de costo bajo sin permiso acuerden un precio entre sus valores. El informe mide cuánto queda de la lotería: “permisos gratuitos dados a vendedores de costo alto” es H (1,64 esperado con 22), “permisos en vendedores de costo alto al cerrar el mercado de permisos” es lo que queda (0 si el comercio es eficiente), y “ventas fuera del conjunto eficiente” cuenta las unidades vendidas por vendedores de rango mayor que q_s . Compare la eficiencia de los periodos con permisos con 87,5 % (sin reasignación) y 100 % (reasignación completa). Goeree et al. (2010) encontraron que la reventa no corrigió del todo una asignación inicial gratuita (sección 5.8).

5.6 La norma de desempeño

En la norma de la versión extendida, solo pueden vender los vendedores con $c_k \leq \bar{c}$. Con $\bar{c} = c_{q_s} = 120$ califican exactamente 9 vendedores y el mercado se vuelve uno con 11 compradores y 9 vendedores: $q = 9$ y $p \in [\max(c_9, v_{10}), v_9] = [165, 180]$. Alcanza $W_{\max}^{\text{soc}} = 1080$ sin recaudación; la renta de escasez se queda con los vendedores autorizados (EP = 1012,5 en el punto medio de la banda), como con los permisos gratuitos, pero sin un mercado que corrija una asignación equivocada.

Información. Para fijar $\bar{c}$ el regulador debe conocer el costo de cada vendedor. Si se equivoca, cambian las unidades (tantas como vendedores autorizados) y el excedente:

Umbral $\bar{c}$	90	105	120	135	150	9 al azar
Vendedores autorizados	7	8	9	10	11	9
Excedente social	1050	1080	1080	1050	990	945 (esperado)
Eficiencia	97,2 %	100 %	100 %	97,2 %	91,7 %	87,5 %

(Un umbral de 105 no pierde nada solo porque la unidad 9 no aporta excedente social.) Un regulador que no pudiera distinguir a los vendedores y autorizara 9 al azar reproduciría la lotería. El impuesto y los permisos negociables no necesitan esa información: cada vendedor compara su propio costo con el impuesto o con el precio del permiso.

Precios o cantidades. Con información completa, el impuesto y el tope son equivalentes. [Weitzman \(1974\)](#) muestra que, cuando el regulador no conoce con certeza los costos, ya no lo son: el impuesto fija el precio de contaminar y deja que la cantidad se ajuste, el tope fija la cantidad y deja que el precio se ajuste, y cuál instrumento tiene la menor pérdida esperada depende de las pendientes relativas del beneficio marginal de reducir la contaminación (aquí, el daño marginal) y de su costo marginal; un daño marginal plano favorece al instrumento de precio. En este juego el daño por unidad es constante, el caso más plano: un impuesto igual a D alcanza el óptimo sean cuales sean los costos. Si todos los costos fueran 15 más altos de lo que cree el regulador, el óptimo serían 8 unidades ($W^{\text{soc}} = 960$): el impuesto de 60 llegaría ahí por sí solo, mientras que un tope de 9 permisos dejaría pasar una novena unidad (945). Con costos 30 más altos el óptimo vuelve a ser de 8 unidades (840) y el tope da 810. Úselo como tema de discusión, no como una jerarquía general de los instrumentos.

5.7 Del libro de texto al laboratorio: qué mide el informe

1. **Oferta, demanda y costo social.** La gráfica del informe es la figura 5.1 con los números de su clase: la escalera café punteada es $c_k + D$, las líneas verticales marcan q_s y q_p , y las horizontales la banda de precios de la política (165–180 con el tope y la norma; 180 con el impuesto).
2. **Los tres recuadros de excedente.** Compradores: una barra $v_i - p$ por comprador que compró; el área gris es el EC del equilibrio teórico de la fase. Vendedores: una barra del costo al precio por vendedor que vendió, partida en lo pagado por el permiso o el impuesto (morado) y la ganancia neta (naranja); la escalera morada punteada es la oferta efectiva $c_k + r$ o $c_k + t$. Sociedad: las unidades vendidas se emparejan (valores de mayor a menor, costos de menor a mayor) y cada una es una barra de $c + D$ a v , verde si suma y **roja si** $v < c + D$. La suma con signo de las barras es W^{soc} , sin importar quién negoció con quién. En un periodo libre, las barras rojas son las unidades 10 y 11 de la figura 5.1; con una política solo aparecen si vendió un vendedor de costo alto.
3. **Las cuentas del periodo** verifican la identidad $EC + EP + R = W^{\text{priv}}$, $W^{\text{priv}} - Dq = W^{\text{soc}}$, frente a los mismos números del equilibrio teórico de la fase.
4. **Descomposición de la pérdida.** Con q unidades negociadas,

$$W_{\text{máx}}^{\text{soc}} - W^{\text{soc}} = \underbrace{(W_{\text{máx}}^{\text{soc}} - W^{\text{soc}}(q))}_{\text{cantidad: sobre- o subproducción}} + \underbrace{(W^{\text{soc}}(q) - W^{\text{soc}})}_{\text{asignación: quién negoció}}.$$

El término de cantidad es 90 con 11 unidades, 30 con 10, 0 con 9 u 8, 30 con 7 y 90 con 6. El de asignación es el que ignora el libro de texto: unidades que compraron compradores fuera de los q mejores o vendieron vendedores fuera de los q más baratos (en los periodos con permisos gratuitos, típicamente quienes recibieron un permiso con costo alto). Lo señalan las columnas

“unidades que destruyen excedente social” y “ventas fuera del conjunto eficiente” (vendedores de rango mayor que q_p sin la política, mayor que q_s con ella).

5. **Antes y después.** Las columnas grises de referencia son los siguientes resultados teóricos (22 o más participantes; el tope y la norma en el punto medio de su banda):

	Mercado libre	Impuesto $t = 60$	Tope, subasta	Tope, gratuitos	Norma
Unidades	11	9	9	9	9
Precio del producto	150	180	172,5	172,5	172,5
Precio del permiso o impuesto	–	60	45	45	–
Excedente del consumidor	825	540	607,5	607,5	607,5
Excedente del productor (neto)	825	540	607,5	1012,5	1012,5
Recaudación	0	540	405	0	0
Excedente privado	1650	1620	1620	1620	1620
Daño	660	540	540	540	540
Excedente social	990	1080	1080	1080	1080
Eficiencia	91,7 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Con permisos gratuitos, el excedente neto de los vendedores incluye la renta de los permisos gratuitos, $9 \times 45 = 405$ (la columna “renta de los permisos gratuitos”); la referencia de permisos en vendedores de costo alto al cerrar es 0.

6. **Convergencia:** el coeficiente de [Smith \(1962\)](#),

$$\alpha = \frac{100}{p^*} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (p_t - p^*)^2},$$

con p^* el precio teórico de la fase: 150 en el mercado libre, 180 con el impuesto, 172,5 (el punto medio de la banda) con el tope y la norma. Con el impuesto la banda es un solo precio y α mide convergencia igual que en el mercado libre. Con el tope y la norma, no: si todas las operaciones se cierran en 180, o todas en 165, $\alpha = 100 \cdot 7,5/172,5 = 4,3$ aunque ambos son precios de equilibrio. Léalo junto con la banda de la gráfica de precios.

5.8 Evidencia experimental

La subasta doble continua converge con rapidez al equilibrio competitivo ([Smith, 1962](#)). [Plott \(1983\)](#) llevó al laboratorio mercados con una externalidad y preguntó si se comportan según la oferta y la demanda, y cómo se comparan un impuesto a la contaminación, una norma y permisos (licencias) como correctivos; es el antecedente directo de este juego. Desde entonces el laboratorio se ha usado para probar mercados de permisos antes de usarlos en la realidad. [Goeree et al. \(2010\)](#) compararon, con un diseño motivado por las subastas de permisos de CO₂ del noreste de Estados Unidos (RGGI), la subasta y la asignación gratuita de permisos con mercado posterior. Según el resumen del artículo, con asignación gratuita el comercio posterior no corrigió del todo la asignación inicial (quienes más contaminaban usaron su poder de mercado para conservar permisos), mientras que la subasta asignó la mayoría de los permisos a quienes menos contaminaban; la subasta dio un excedente de los consumidores más alto, precios del producto ligeramente menores y eliminó las grandes ganancias extraordinarias de la asignación gratuita. [Holt \(2019\)](#) presenta versiones de aula de estos experimentos.

5.9 Regularidades que conviene discutir

- En el mercado libre se negocian más unidades que en el óptimo social, aunque cada persona paga una parte del daño. En equilibrio, su eficiencia es de 91,7 %.
- Con el tope, las unidades bajan y el precio del producto sube; el precio del permiso refleja la diferencia entre el precio del producto y el costo del vendedor marginal, en cualquier punto entre 30 y 60.
- Con permisos gratuitos, el precio del producto sube también: el permiso tiene costo de oportunidad. Quienes recibieron permisos ganan aunque no produzcan, y los vendedores en conjunto pueden quedar mejor que sin la política.
- Con permisos gratuitos, la eficiencia del tope depende del mercado de permisos: compárela con 87,5 % (los permisos se quedan donde los puso el sorteo) y 100 % (todos reasignados).
- El excedente privado baja con la política, pero el social sube: los compradores pierden, y la recaudación (o los permisos regalados) cambia quién gana.

Atención

Los resultados de una clase son descriptivos: un solo mercado, con periodos que no son observaciones independientes. Una diferencia entre los periodos 1–3 y 4–8 mezcla el efecto de la política con el aprendizaje; la configuración extendida sin política sirve de control.

Modalidades básicas

Las dos configuraciones básicas tienen 8 periodos de 150 segundos: 3 de mercado libre y 5 con permisos.

Configuración	Para qué sirve
<code>carbon_market_es_subasta</code>	Permisos subastados (precio uniforme) y recaudación devuelta a todos. La opción más directa: el precio del permiso es visible y la renta va al público.
<code>carbon_market_es_gratuitos</code>	Permisos gratuitos a vendedores al azar y mercado de permisos entre vendedores (90 s por periodo). Para discutir el costo de oportunidad y las ganancias extraordinarias de la asignación gratuita. Toma unos 7 minutos más.

6.1 Tamaño de la clase

El número de permisos es el óptimo social de la clase, q_s , y depende del número de vendedores. Con 9 vendedores o menos (18 estudiantes o menos), todas las unidades del mercado libre valen más que su costo más el daño: $q_s = q_p$ y los permisos no cambian nada. El informe lo advierte.

Estudiantes	Mercado libre	Óptimo social (permisos)	Producto con tope	Permiso
18	9 unidades, 120–180	9	sin cambio	0
20	10 unidades, 135–165	9	165–180	30–60
22 o más	11 unidades, 150	9	165–180	30–60

Para el docente

Si tiene tiempo para dos sesiones, juegue primero los permisos subastados y después los gratuitos con la misma clase: el contraste es el de [Goeree et al. \(2010\)](#). O juegue la básica y después el impuesto de la versión extendida.

Versión extendida: comparar políticas

La versión extendida usa la sala **[ES] Mercado de carbono — extendido (comparar políticas)**. El mercado, el costo ambiental y los tres periodos libres son los mismos; desde el periodo 4 cambia la política.

Configuración	Qué cambia desde el periodo 4
carbon_market_extendido_impuesto	Cada vendedor paga un impuesto de 60 ECU por unidad vendida. El sistema no deja ofrecer ni aceptar por debajo de costo más impuesto. Lo recaudado se devuelve en partes iguales. Teoría: 9 unidades a 180.
carbon_market_extendido_norma	Norma de “mando y control”: solo pueden vender los vendedores con costo de 120 ECU o menos (con 22 o más; el nivel deja exactamente q_s vendedores). Sin recaudación. Teoría: 9 unidades a 165–180.
carbon_market_extendido_sin_politica	Nada: externalidad en los 8 periodos. Es el grupo de control para separar el efecto de la política del aprendizaje.

Para el docente

La norma supone que el regulador sabe qué vendedores producen más barato, por eso en teoría alcanza el óptimo con la asignación correcta. Discuta qué pasaría si no lo supiera (por ejemplo, si obligara a todos a reducir lo mismo): los permisos y el impuesto no necesitan esa información, porque cada vendedor decide con su propio costo ([Montgomery, 1972](#)).




Nueva regla del mercado

Periodo 4 de 8

A partir de este periodo y hasta el final, **cada vendedor paga un impuesto de 60 ECU por cada unidad que vende**. Lo recaudado se reparte en partes iguales entre los 22 participantes al final de cada periodo.

Con el impuesto, el precio más bajo que le conviene aceptar es su costo + 60 = 105 ECU.

El costo ambiental de 60 ECU por unidad vendida se sigue repartiendo entre todos los participantes.

Continuar

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 7.1: Anuncio del impuesto, visto por un vendedor: lo mínimo que le conviene aceptar es su costo más el impuesto.




Tiempo disponible para completar esta página: 2:27

Negociación

Periodo 4 de 8

Cada vendedor paga un impuesto de 60 ECU por unidad vendida.

Usted es vendedor. Con el impuesto, el precio más bajo que le conviene aceptar es su costo + 60 = 75 ECU.

Su costo
15 ECU

Mejor oferta de compra
—

Mejor oferta de venta
—

Con el impuesto de 60 ECU, ese precio no cubre su costo más el impuesto.

Su oferta de venta

70
Ofrecer vender

Aceptar la mejor oferta contraria

Unidades vendidas en el mercado
0

Costo ambiental por participante hasta ahora
0 ECU

Operaciones cerradas en este periodo

#	Precio
---	--------

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 7.2: Con impuesto, una oferta de venta por debajo de costo más impuesto se rechaza (decisiones simuladas).



Figura 7.3: Con la norma, un vendedor de costo alto no puede vender (decisiones simuladas).

Resultado del periodo

Periodo 4 de 8

Su papel
vendedorSu costo
15¿Cerró una operación?
SíPrecio
185

Lo que ganó al negociar	170
Impuesto pagado	-60
Su parte del costo ambiental	-21.8
Su parte de lo recaudado	+21.8
Su ganancia del periodo	110 ECU

Unidades vendidas en el mercado
8Costo ambiental total
480 ECUTotal recaudado (se reparte entre todos)
480 ECUGanancia acumulada
498.4 ECU

Todas las operaciones del periodo

#	Precio
1	185
2	182
3	185
4	180
5	182
6	180
7	180
8	180

Siguiente periodo

Con tecnología de [oTree](#)

Figura 7.4: Resultado de un vendedor con impuesto: impuesto pagado, costo ambiental y su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).

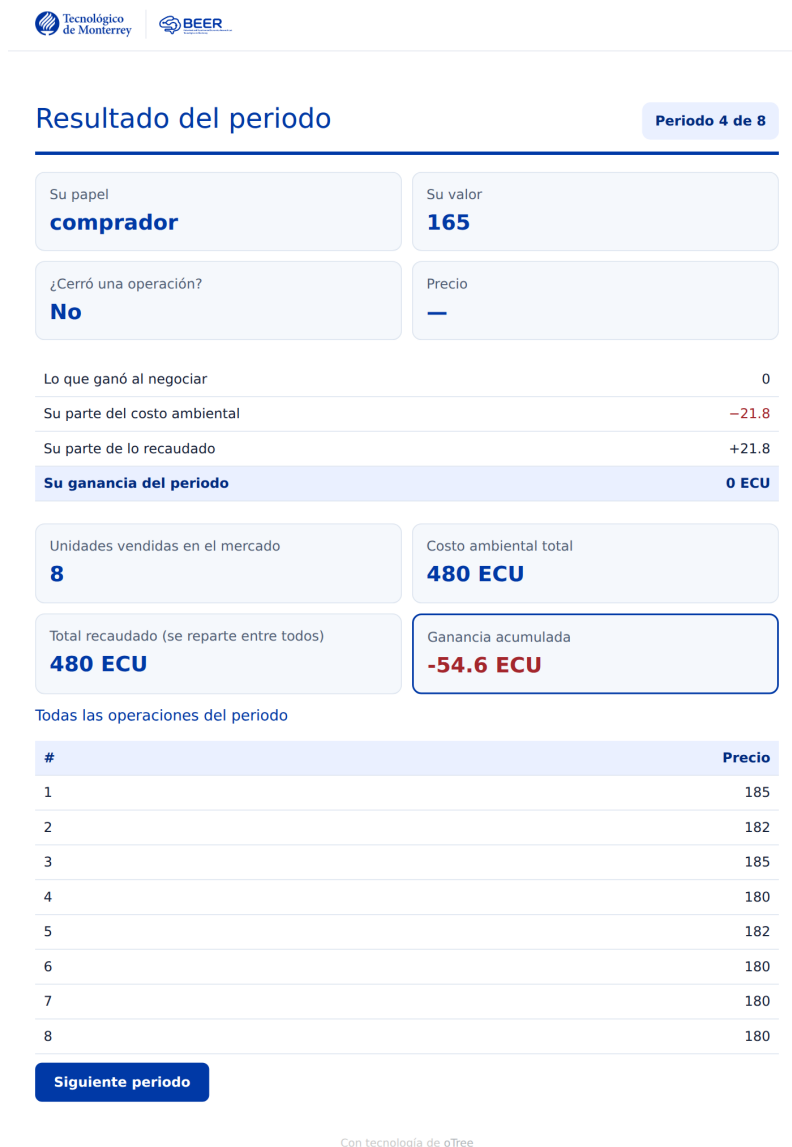


Figura 7.5: Resultado de un comprador que no compró: paga su parte del costo ambiental y recibe su parte de lo recaudado (decisiones simuladas).

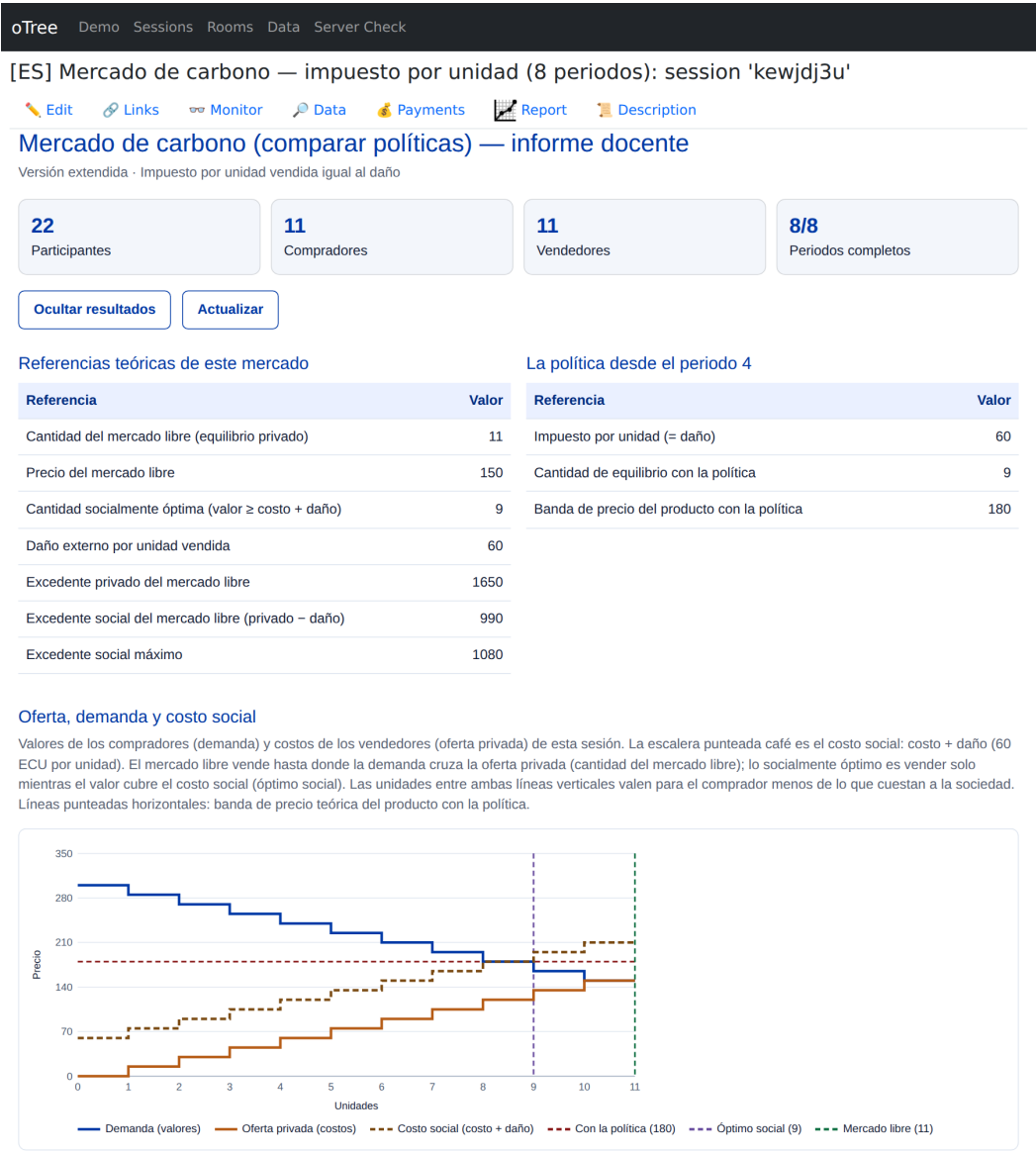


Figura 7.6: Informe de la versión extendida (impuesto): referencias, política y costo social; con el impuesto, la banda de precio es un solo precio, 180 (decisiones simuladas).

Precio de cada operación, en orden

Cada punto es una operación del mercado del producto, en el orden en que se cerró; las líneas verticales separan los periodos. Líneas punteadas: precio del mercado libre en todos los periodos y, solo en los periodos con la política, la banda de precio teórica con la política.



Figura 7.7: Precio de cada operación: desde el periodo 4 se mueve a costo más impuesto, 180 (decisiones simuladas).

Excedente realizado: compradores, vendedores y sociedad

Arriba a la izquierda, compradores: la escalera es la demanda y cada barra azul es la ganancia de un comprador que compró (de su precio a su valor). Arriba a la derecha, vendedores: la escalera es la oferta (costos) y cada barra va del costo al precio; la parte morada es lo pagado por el permiso o el impuesto y la naranja la ganancia neta (verde: ingreso por vender un permiso; rojo: pérdida, por ejemplo un permiso pagado y no usado). Escalera morada punteada: costo + precio del permiso (o + impuesto), el costo efectivo de vender. En gris, el excedente de cada lado en el equilibrio teórico de la fase. Abajo, la sociedad: demanda frente al costo social; cada unidad vendida es una barra del costo social al valor, verde si suma excedente social y roja si el valor no cubre costo + daño (la sobreproducción del mercado libre). En gris, el excedente social máximo. Elija el periodo con los botones.



Figura 7.8: Excedente realizado con impuesto: la parte morada de cada vendedor es el impuesto pagado, y la escalera morada punteada es costo más impuesto (decisiones simuladas).

Antes y después de la política (promedio por periodo)

	Mercado libre	Impuesto	Mercado libre en equilibrio (teoría)	Óptimo social con la política (teoría)
Periodos	3	5	—	—
Unidades vendidas	10,3	8,8	11	9
Precio del producto	160,2	180,5	150	180
Excedente del consumidor	707,3	533,2	825	540
Excedente del productor (neto)	927,7	543,8	825	540
Recaudación	0	528	0	540
Excedente privado	1635	1605	1650	1620
Daño	620	528	660	540
Excedente social	1015	1077	990	1080
Eficiencia	94%	99,7%	91,7%	100%
α de Smith	9,7	0,4	—	—
Ventas fuera del conjunto eficiente	0	0	0	0
Unidades que destruyen excedente social	1,7	0	2	0
Daño por participante	28,2	24	—	—
Ganancia neta por participante	46,1	49	—	—

Promedio por periodo de cada fase y, en gris, las referencias teóricas con este número de participantes. Excedente del consumidor = Σ (valor – precio). Excedente del productor (neto) = ganancias de los vendedores después de pagar permisos o impuesto. Recaudación: subasta o impuesto, devuelta en partes iguales. Consumidor + productor + recaudación = excedente privado = Σ (valor – costo); excedente social = privado – daño; eficiencia = excedente social / excedente social máximo. α de Smith: desviación cuadrática media de los precios respecto del precio teórico de la fase, en % de ese precio. Ventas fuera del conjunto eficiente: unidades vendidas por vendedores cuyo costo no está entre los K más bajos (K = cantidad del mercado libre; con la política, la cantidad de equilibrio con la política). Unidades que destruyen excedente social: valor < costo + daño, emparejando los valores de mayor a menor con los costos de menor a mayor de las unidades vendidas.

Figura 7.9: Antes y después del impuesto (decisiones simuladas).

Guion para el feedback

Si jugó la básica y una extendida con la misma clase, compare: ¿se vendieron las mismas unidades con el impuesto que con los permisos? ¿El precio del permiso se acercó al impuesto? ¿Quién pagó el costo de la política en cada caso, y quién se quedó con la recaudación o la renta?

Plan de clase y lectura de resultados

8.1 Sesión sugerida de 50 minutos (versión básica)

0–5 min	Cree la sesión. Estudiantes entran por QR o enlace.
5–12 min	Instrucciones y comprobación de comprensión.
12–22 min	Periodos 1 a 3, mercado libre. Al terminar el 3, puede revelar el informe y pedir predicciones.
22–37 min	Anuncio de los permisos y periodos 4 a 8 (unos 7 minutos más con permisos gratuitos).
37–50 min	Revele: unidades, precios, precio del permiso y excedente social; cierre con la política pública.

8.2 Preguntas para conducir la discusión

- En el mercado libre, ¿por qué los vendedores de costo alto vendieron si la unidad le costaba 60 al grupo?
- Con permisos, ¿por qué subió el precio del producto? ¿Quién pagó el costo de la política?
- Con permisos gratuitos, ¿por qué un vendedor que recibió un permiso lo vendió en lugar de usarlo?
- ¿Por qué el precio del permiso no puede pasar de 60 si el producto se vende a 180?
- ¿Qué es mejor para el público: subastar los permisos o regalarlos? ¿Y para las empresas?
- (Extendida) ¿El impuesto y el tope dieron lo mismo? ¿Qué pasaría si el regulador no conociera los costos?

8.3 Errores de interpretación frecuentes

Error	Aclaración
“Si los permisos son gratis, el precio no sube.”	Usar el permiso significa renunciar a venderlo: es un costo de oportunidad y se traslada al precio.
“La política empeora a todos porque se vende menos.”	Baja el excedente privado, pero baja más el daño: el excedente social sube.
“Los vendedores pagan la política.”	Con la subasta o el impuesto, buena parte la pagan los compradores con un precio más alto; con permisos gratuitos, los vendedores que los recibieron pueden salir ganando.
“El precio del permiso debería ser 60.”	Con este diseño cualquier precio entre 30 y 60 vacía el mercado de permisos; 60 es el extremo donde el tope coincide con el impuesto.

Operación, privacidad y solución de problemas

9.1 Privacidad y conducta

Los códigos de participante son anónimos: no pida ni muestre nombres junto con decisiones individuales. Proyecte solo resultados agregados.

9.2 Problemas frecuentes

Situación	Qué hacer
Un estudiante ve “La sesión está llena”.	Cierre la sala y cree otra sesión con el número correcto.
El mercado se queda esperando.	Alguien no avanzó; pida que reabra la sala o use Advance slowest participants .
Ya nadie negocia (producto o permisos) y quedan muchos segundos.	Use Advance slowest participants en el Monitor para cerrar la fase.
Los permisos no cambiaron nada.	Hay menos de 20 estudiantes (sección 6.1).
Un vendedor no envió su oferta en la subasta.	Al acabarse el tiempo cuenta como 0 (sin permiso).

9.3 Datos para análisis posterior

Data → **Custom export** (`carbon_market` o `carbon_policy`) descarga una fila por persona y periodo: tratamiento, si había política, permisos del periodo, papel, valor o costo, oferta en la subasta, permiso recibido y al final, pagado en la subasta, compra y venta de permisos y su precio, precio de la subasta, si negoció, precio, ganancia de la operación, impuesto, ganancia privada, parte del costo ambiental, parte de lo recaudado, ganancia del periodo, totales del mercado y cuántas ofertas envió (aceptadas, rechazadas por la política e inválidas). Después de una fila vacía viene el registro de **cada oferta** de compra o venta, en orden, en el mercado del producto y en el de permisos: periodo, mercado, participante, lado, precio y estado (`ok`, `invalid`, `no_permit`, `not_allowed_standard`, `below_cost_plus_tax`, `has_permit`). No incluye identificadores personales.

Bibliografía

- Coase, R. H. (1960). The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1–44.
- Dales, J. H. (1968). *Pollution, Property and Prices*. University of Toronto Press.
- Goeree, J. K., Holt, C. A., Palmer, K., Shobe, W., & Burtraw, D. (2010). An experimental study of auctions versus grandfathering to assign pollution permits. *Journal of the European Economic Association*, 8(2–3), 514–525.
- Holt, C. A. (2019). *Markets, Games, and Strategic Behavior: An Introduction to Experimental Economics* (2.^a ed.). Princeton University Press.
- Montgomery, W. D. (1972). Markets in licenses and efficient pollution control programs. *Journal of Economic Theory*, 5(3), 395–418.
- Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. Macmillan.
- Plott, C. R. (1983). Externalities and corrective policies in experimental markets. *The Economic Journal*, 93(369), 106–127.
- Smith, V. L. (1962). An experimental study of competitive market behavior. *Journal of Political Economy*, 70(2), 111–137.
- Vickrey, W. (1961). Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders. *Journal of Finance*, 16(1), 8–37.
- Weitzman, M. L. (1974). Prices vs. quantities. *The Review of Economic Studies*, 41(4), 477–491.

Códigos QR de cada sala

Español, básica



`carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_es`

Español, extendida



carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_extendido

English, basic



`carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_en`

English, extended



carbonmarket.beer-lab.org/room/carbon_market_extended