BOGOTÁ, 31 DE MARZO DE 2022

ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS, JURÍDICOS, FINANCIEROS Y PROYECCIONES PARA SIMULAR DIFERENTES ESCENARIOS DE CONTRAPRESTACIONES ECONÓMICAS Y OTRAS OBLIGACIONES DE LOS POSIBLES ADJUDICATARIOS DE LAS AEM PARA CARBÓN

Investigadora | Astrid Martínez Ortiz
Asistente | José David Gómez



Fedesarrollo
Calle 78 # 9 - 91, Bogotá, Colombia.
Teléfono: (601) 3259777

@Fedesarrollo

FEDESARROLLO
Centro de Investigación Económica y Social

Análisis de los aspectos técnicos, jurídicos, financieros y proyecciones para simular diferentes escenarios de contraprestaciones económicas y otras obligaciones de los posibles adjudicatarios de las AEM para Carbón

Investigadora: Astrid Martínez Ortiz

Asistente: José David Gómez

Bogotá, 31 de marzo de 2022

Contenido

1. Mercado del carbón 5
2. Proyección de precios internacionales 6
   a. Proyección de precios del carbón térmico en un escenario BAU (Business as usual) 10
   b. Proyección del índice API2 en el escenario de transición energética – TEA 12
   c. Proyección del índice API2 con escenario "Ácido" 13
3. Modelo 14
   a. Estimación inicial de Escenarios 15
   b. Estimación de sensibilidades a cambios en el fee y la tasa de contraprestación adicional 21
4. Recomendaciones para la definición de las variables económicas en proceso de selección de un adjudicatario de las AEM para Carbón a partir de los análisis del modelo integral y otra información 24
   a. Estimación de sensibilidades al fee y la contraprestación adicional bajo escenario elegido 25
   b. Estimación de sensibilidades al fee y la contraprestación adicional bajo un escenario adicional 28
5. Bibliografía 42
6. Anexos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Listado de gráficas

Gráfica 1. Promedio anual del consumo del carbón Mt 5

Gráfica 2. Promedio anual de API2 USD/t nominales 7

Gráfica 3. Cotización de los futuros del índice API2 en la bolsa de Nueva York hasta 2026 antes y después de las restricciones a Rusia. USD/t nominales 9

Gráfica 4. Proyección del índice API2. USD/t nominales 12

Gráfica 5. Proyección del índice API2 bajo un escenario de transición energética acelerada. USD/t nominales 13

Gráfica 6. Proyección del índice API2 bajo un escenario Ácido. USD/t nominales 14

Gráfica 7. VPN del proyecto bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der). Millones de USD. 16

Gráfica 8. TIR del proyecto bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der) 18

Gráfica 9. Renta del Gobierno bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der). Millones de USD. 20

Gráfica 10. Government take del proyecto bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der) 21

Gráfica 11. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT a la tasa de contraprestación adicional 26

Gráfica 12. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT al fee de entrada 27

Gráfica 13. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT a la contraprestación adicional bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -5% 28

Gráfica 14. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT a la contraprestación adicional bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -10% 34

Gráfica 15. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT al fee de entrada bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -5% 35

Gráfica 16. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT al fee de entrada bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -10% 36

Listado de tablas

Tabla 1. Sensibilidades tomando como base una tasa de descuento de 8%..... 22
Tabla 2. Sensibilidades tomando como base una tasa de descuento de 10%..... 23
Tabla 3. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario BAU 80USD y costos -5% 37
Tabla 4. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario BAU 80USD y costos -10% 37
Tabla 5. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario TEA y costos -5%..... 38
Tabla 6. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario TEA y costos -10%..... 38
Tabla 7. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario BAU 80USD y costos -5% 39
Tabla 8. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario BAU 80USD y costos -10% 39
Tabla 9. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario TEA y costos -5%..... 40
Tabla 10. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario TEA y costos -10%..... 40

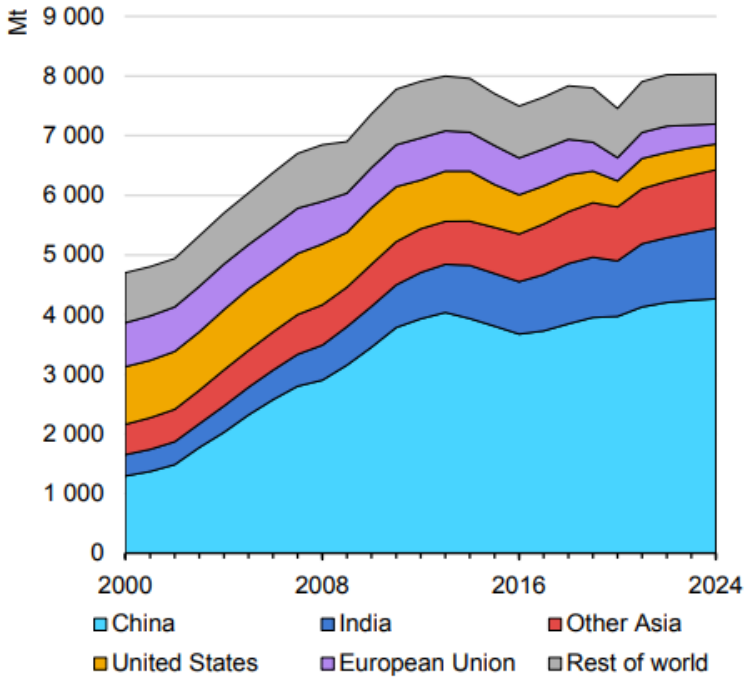
1. Mercado del carbón

En los últimos diez años se observa una tendencia hacia el estancamiento del consumo mundial del carbón, después de un crecimiento sostenido en el período 2000-2012. Este cambio se explica por la dinámica de la demanda de China en la primera década y su estabilización en el último decenio. En los últimos años. Hubo unas fluctuaciones puntuales explicadas por la evolución económica y el mercado del mineral (International Energy Agency, 2021). A lo largo de los últimos veinte años se ha dado una recomposición en el consumo con disminuciones por parte de Estados Unidos y Europa y crecimiento de la participación de las economías emergentes, en particular de las de Asia (International Energy Agency, IEA, (2021).

Las decisiones de política pública que han venido adoptando los países desarrollados en el marco de la lucha contra los efectos del calentamiento global ha impactado el consumo de Norteamérica y de la Comunidad Europea. El decrecimiento de la demanda que resulta de esas decisiones se contrarresta con el crecimiento del consumo de los países emergentes y en desarrollo de Asia. (Gráfica 1).

En cuanto a las proyecciones, se espera una recuperación del consumo mundial hasta 2024.

Gráfica 1. Promedio anual del consumo del carbón Mt



Fuente: tomado de IEA (2021).

En los años recientes, el consumo de carbón en el mundo continúa aumentando debido al incremento de la demanda asiática y los precios se han recuperado después de la caída de

2019 debido en parte a las decisiones de China de restringir sus importaciones y de la afectación de la demanda mundial por la pandemia del COVID 19 hasta junio de 2020. La invasión de Ucrania por parte de Rusia ha llevado los precios a niveles nunca vistos[1]. Las proyecciones de precios internacionales en el corto plazo en el mercado de futuros pueden sobreestimar este impacto y las de largo plazo reconocen la tendencia hacia la reducción secular de los precios.

La IEA (2021) señala que después del 2025 se espera un patrón de consumo similar al de la década pasada donde las economías avanzadas seguirán reduciendo su consumo de carbón debido al rápido crecimiento de la energía eólica y solar. De igual forma se espera que el cambio de gas a carbón para la generación de energía se revierta en vista del retroceso de los precios del gas.

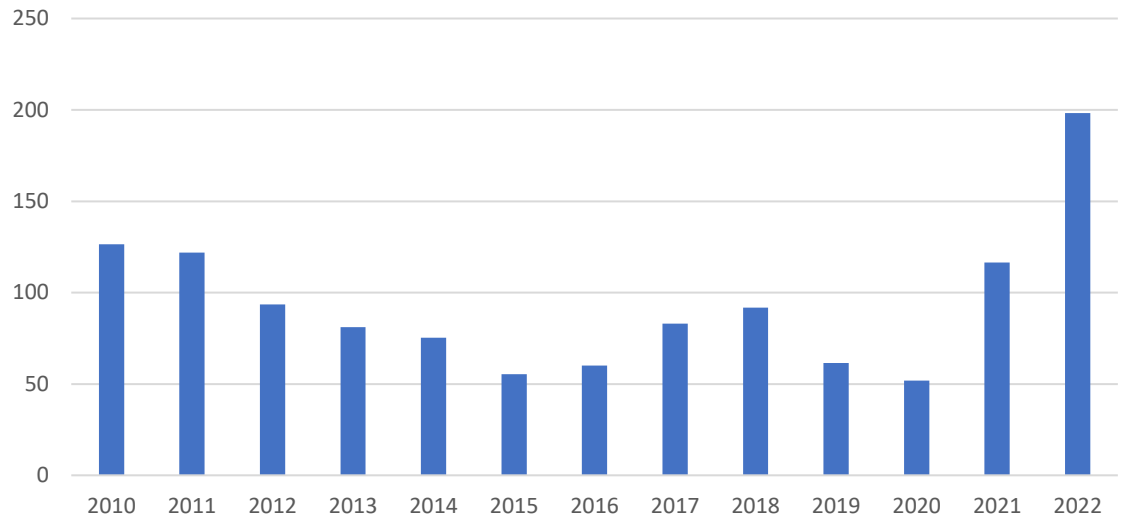
2. Proyección de precios internacionales

El precio del carbón de referencia para Colombia cayó entre 2018 y 2020 de USD 91,8 la tonelada a USD$51,9 la tonelada, entre los dos años, como se puede ver en la Gráfica 2; se recuperó en 2021 debido en gran medida a la reactivación económica después de la pandemia y a la restricción de las exportaciones de Indonesia. En febrero de 2022 se relajaron esas restricciones, pero cayeron las ventas de Australia debido a factores climáticos, Focus Economics (2022).

En los primeros meses de 2022 los precios continuaron creciendo y en marzo han alcanzado niveles muy altos de entre USD 200 y USD 400; se espera que retornarán a los valores previos a la guerra contra Ucrania de alrededor de USD 100 la tonelada, ver Gráfica 2.

[1] Wood Mackenzie (2022) habla de precios de USD 260 el 25 de febrero a medida que aumentaba la tensión de Rusia y Ucrania, antes de la invasión del carbón entregado por ARA.

Gráfica 2. Promedio anual de API2 USD/t nominales



Fuente: cálculos Fedesarrollo con base en información de Argus y Market Watch (2022). Promedio anual sobre datos diarios.

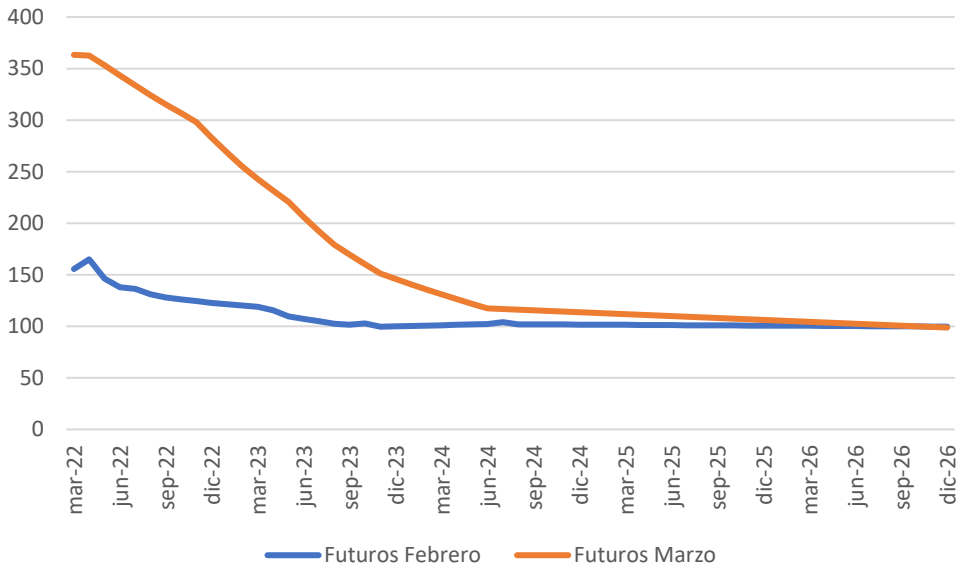
Expectativas en corto y mediano plazo de los inversionistas

En el corto plazo se espera que este choque de oferta mantenga un impacto importante en los precios del carbón, pero con una mitigación paulatina en los siguientes dos años. En la

Gráfica 3. Cotización de los futuros del índice API2 en la bolsa de Nueva York hasta 2026 antes y después de las restricciones a Rusia. USD/t nominales

se observan las cotizaciones de los futuros del índice API2 para los próximos 4 años, antes y después de las restricciones de EEUU a Rusia. Se observa una subida hasta mediados de 2024 y una convergencia de las expectativas de precios alrededor de los USD100 la tonelada en 2025 y 2026.

Gráfica 3. Cotización de los futuros del índice API2 en la bolsa de Nueva York hasta 2026 antes y después de las restricciones a Rusia. USD/t nominales



Fuente: CME Group (2022).

En el mediano plazo, la IEA trabaja con varios escenarios dependiendo de la velocidad de la sustitución de combustibles fósiles por energías limpias. Entre ellos se tiene uno de *business as usual*, otro de políticas para alcanzar el objetivo del Acuerdo de París de 2015 de impedir un crecimiento de la temperatura planetaria por encima de 2°C y finalmente, un escenario de políticas más ambiciosas en cuanto a las metas ambientales, en línea con el compromiso de la Conferencia COP 26 de 2021 en Glasgow de limitar el calentamiento a 1.5°C (United Nations, 2021). Por primera vez en las conferencias sobre el clima de las Naciones Unidas se hicieron menciones que exhortan a buscar sin cesar una reducción del carbón como fuente de energía y reducir los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles, sin acordar metas concretas. En la reunión de 2024 se esperan nuevas presiones de algunos países y de las ONG para endurecer los pronunciamientos contra el consumo del carbón en el mundo.

Para las proyecciones de precios del carbón en este trabajo, se toman los escenarios BAU y TEA (transición económica acelerada), impactados por los acontecimientos recientes del mercado y un escenario ácido en el cual los precios retornen a la senda prevista antes de la pandemia y de los factores geopolíticos que están alterando los elementos estructurales y tendenciales del mercado.

a. Proyección de precios del carbón térmico en un escenario BAU (Business as usual)

Para realizar la proyección, si se mantienen las condiciones del pasado del mercado del carbón y las proyecciones de la demanda sin el efecto de los compromisos del Acuerdo de Paris, se tuvo en cuenta la historia del índice API2 con información de promedios mensuales desde 2011, incluyendo la observación el promedio observado para el mes de marzo de 2022, con la información disponible.

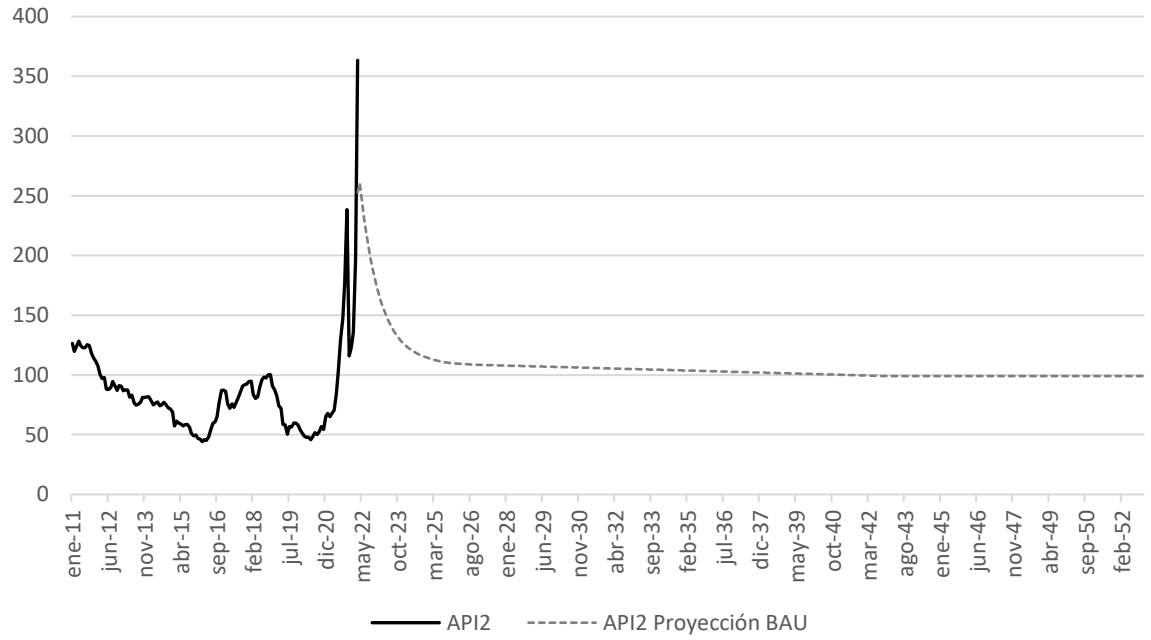
El modelo con mejor ajuste resulta ser un modelo ARIMA[2] con 1 rezago y con una media móvil de 2 periodos; el resultado se puede observar en la Gráfica 4.

[2] Un modelo ARIMA buscar pronosticar una serie de tiempo a partir de sus realizaciones pasadas. Esta metodología resulta eficiente para estimar proyecciones a corto y mediano plazo, pero puede tener limitaciones en periodos largos. Sin embargo, la curva de ajuste en el periodo 2022-2026 coincide con el promedio de expectativas de los inversionistas.

Gráfica 4. Proyección del índice API2. USD/t nominales

La proyección de la serie de tiempo muestra una tendencia de retorno hacia la media, entendiendo que el choque de oferta que se presenta en la actualidad desaparecerá y no afectará en el largo plazo la estructura del mercado del carbón con un precio promedio de $100 dólares por tonelada en 2040. Auger, Trüby, Balcombe, & Staffell (2021) proyectan en un escenario BAU una disminución paulatina de los precios hasta un promedio de $70 dólares por tonelada hacia 2040 calibrando su modelo con información hasta 2020, es decir, su modelo no incluye el choque de precios del periodo 2021-2022, lo cual puede resultar en una ligera subestimación de los precios futuros.

Gráfica 4. Proyección del índice API2. USD/t nominales



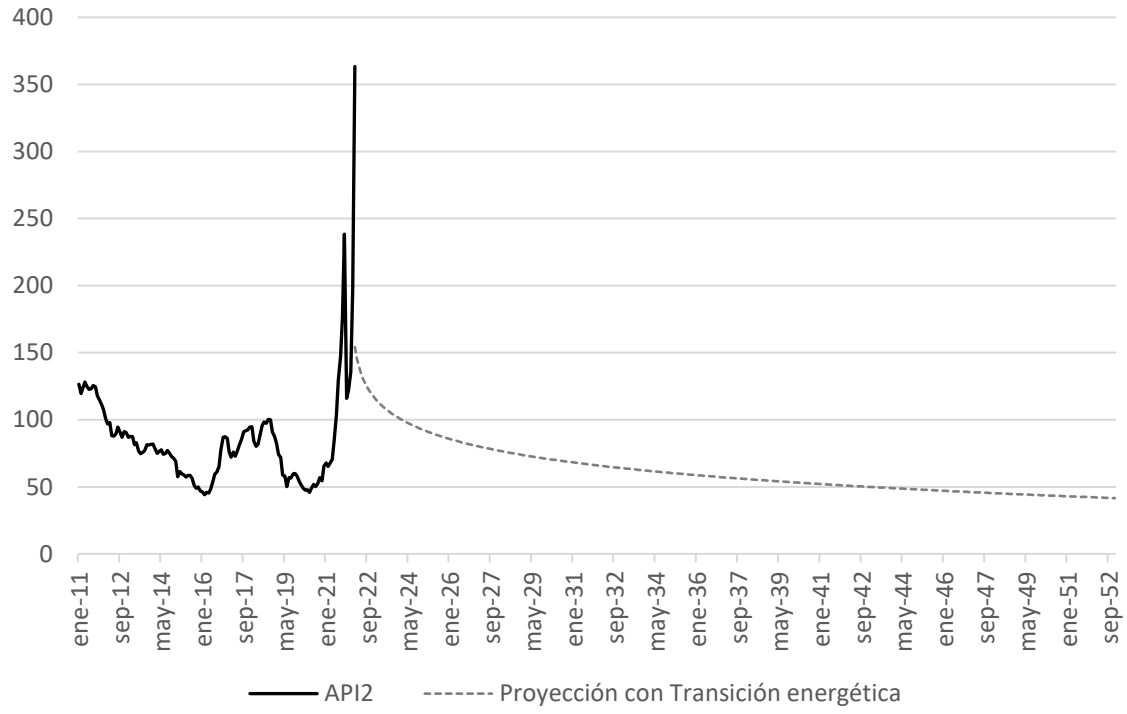
Fuente: elaboración Fedesarrollo.

b. Proyección del índice API2 en el escenario de transición energética – TEA

Un escenario factible es que se dé una transición energética acelerada que sí afecte de manera estructural el mercado reduciendo la demanda de carbón al ser reemplazado por otras fuentes de generación de energía. De acuerdo con Auger, *et al* (2021), para cumplir con el Acuerdo de Paris de evitar un aumento en la temperatura global de 2 grados centígrados por encima de sus niveles preindustriales, a 2030, el consumo de carbón se debería reducir a una tasa anual de 3.6%, hasta 2040. En su estimación, los precios en 2040 estarían entre los 40 y 50 dólares por tonelada.

Para realizar nuestra estimación se usó una proyección logarítmica que responde a la curvatura de la disminución de precios que se percibe para los próximos años que esté en línea con las expectativas de los inversionistas en el corto plazo, pero que sea consistente con la proyección de Auger, *et al* (2021), lo que resulta en un precio promedio de $50 dólares por tonelada hacia 2050.

Gráfica 5. Proyección del índice API2 bajo un escenario de transición energética acelerada. USD/t nominales



Fuente: elaboración Fedesarrollo.

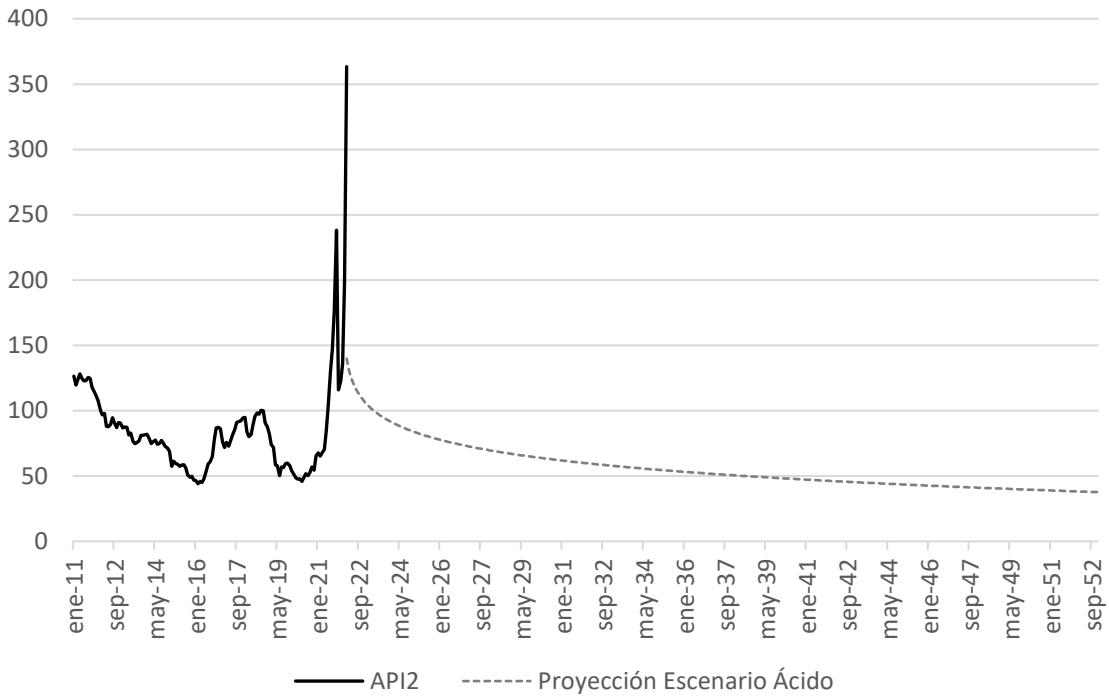
c. Proyección del índice API2 con escenario "Ácido"

La proyección para un escenario ácido responde a la necesidad de contar con un escenario que refleje la aversión del inversionista al riesgo, decantándose por un escenario conservador de precios.

En esta estimación se buscó un factor de reducción de precios que en promedio fuera de USD$ 60 y aplicarlo a los precios en el escenario TEA. En este caso, el escenario ácido representa un 9% de menores precios, lo que resulta en un precio promedio de USD $60[3].

[3] También se estimaron sendas intermedias con precios promedio de largo plazo, simulando trayectorias de BAU menos 20%.

Gráfica 6. Proyección del índice API2 bajo un escenario Ácido. USD/t nominales



Fuente: elaboración Fedesarrollo.

3. Modelo

Los proyectos mineros de la mina Calenturitas y la operación integrada La Jagua, que hacen parte del complejo carbonífero localizado en el departamento del Cesar serán ofrecidos en una ronda minera este año con condiciones de Área Estratégica Minera. Las minas están operacionales, en fase de explotación y cuentan con activos y licencia ambiental. Para garantizar que las condiciones mínimas exigidas por la ANM en términos financieros maximizan la renta del Estado, sin disuadir la inversión privada, se diseñó un instrumento de modelación.

El modelo se basa en la valoración de los flujos de caja libre que consiste en estimar los ingresos y costos del concesionario o empresa privada, descontándolos a la tasa que refleje el costo de capital del inversionista.

Una vez establecidos los flujos de ingresos y los costos y gastos a lo largo de la vida del proyecto, bajo unos supuestos iniciales se obtienen las magnitudes relacionadas con el valor presente del proyecto y su rentabilidad. A partir de ahí, se realizan sensibilidades de las variables objetivo ante cambios en supuestos relevantes como lo son la proyección de precios, producción, costos de la operación, así como lo que sucede ante cambios en el *fee* de entrada y la tasa de contraprestación adicional. Las variables objetivo en este caso son

el VPN y la TIR, desde el punto de vista del inversor, y el *government take* y la renta del gobierno, desde la perspectiva del Estado.

Resultados del modelo y sensibilidades

a. Estimación inicial de Escenarios

El primer ejercicio consiste en correr el modelo para evaluar el efecto de los diferentes escenarios de precios, costos y recursos a explotar bajo los siguientes supuestos:

a. Tasa de descuento de 8%.
b. Proyección a 30 años.
c. *Fee* de entrada de 200 millones de dólares.
d. Obligaciones heredadas por USD 50 millones correspondiente a obligaciones del titular anterior no ejecutadas y que se supone serán aportadas por el titular saliente a un fideicomiso con esa destinación específica para el nuevo titular.
e. Calidad promedio del carbón extraído de 11.300 BTU/lb.

Los escenarios de precios para considerar son:

a. Business as usual (BAU): escenario donde se mantienen la trayectoria actual en términos de demanda y precios del carbón. En este escenario la demanda se recupera en el periodo 2022-2024 y desde 2025 se reduce lentamente a una tasa promedio anual de -0,5% (Estimado con base en IEA -World Energy Outlook 2020).
b. Transición energética acelerada (TEA): escenario donde se busca cumplir reducir las emisiones de dióxido de carbono y llegar a 2050 con emisiones netas cero. En este escenario la demanda se recupera en el periodo 2022-2024, y desde 2025 cae a una tasa promedio anual de -4.7% (Estimado con base en IEA -World Energy Outlook 2020).

Por otro lado, la serie de costos se construye a partir de la información del anterior titular y se recalcula con diferentes supuestos de costos, así:

a. Costos reducidos al 5%
b. Costos reducidos al 10%
c. Costos reducidos al 20%

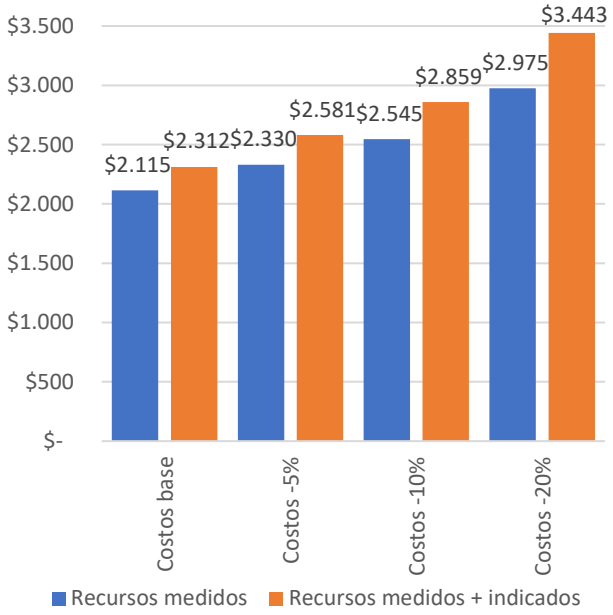
Finalmente, los escenarios de recursos a explotar son:

a. Explotación de recursos medidos, que corresponden a 140 millones de toneladas de Calenturitas y 50 millones de toneladas de La Jagua.
b. Explotación de recursos medidos más los indicados, que corresponden en total a 270 millones de toneladas en Calenturitas y 75 millones de toneladas en La Jagua.

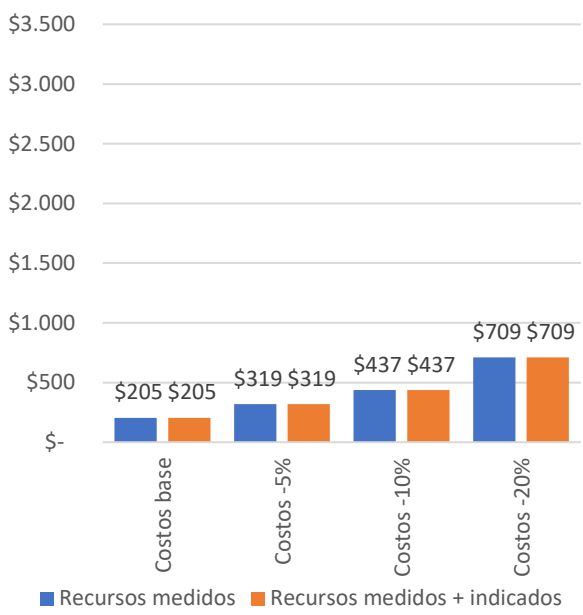
En cuanto al VPN, se puede ver en la Gráfica 7 que existe una diferencia importante entre los dos escenarios de precios de casi diez veces. Lo anterior es explicado no solo debido a los mayores ingresos que tiene el inversionista en el escenario BAU, sino porque, con los recursos medidos la explotación, el proyecto es rentable hasta 2036, y con recursos medidos e indicados hasta 2040, en el escenario de costos base. En el escenario TEA, la explotación es viable solo hasta 2027, bajo el supuesto de costos base y hasta 2029, con un 20% de eficiencia en costos.

Gráfica 7. VPN del proyecto bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der). Millones de USD.

(a) Escenario BAU



(b) Escenario TEA



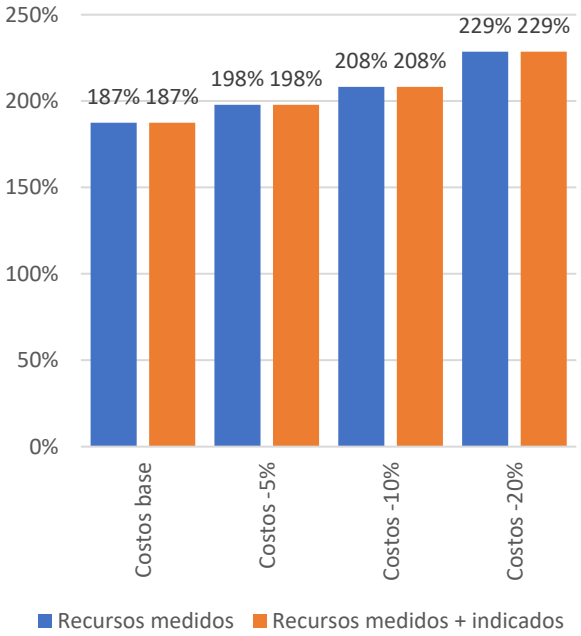
Fuente: elaboración Fedesarrollo.

En términos de TIR, en el primer ejercicio con el modelo, en la

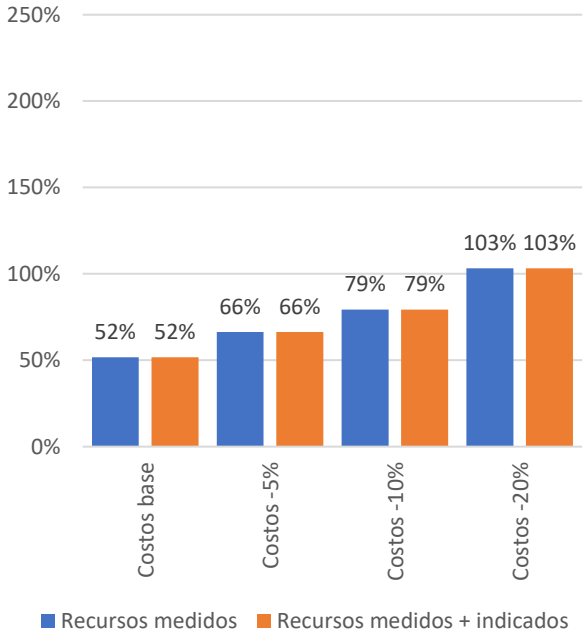
8, se observa una dinámica similar a la del VPN, donde en el escenario BAU, la TIR es casi cuatro veces más alta. A pesar de esto, la TIR en el escenario TEA continúa siendo muy alta, alcanzando un 52% en el escenario de costos base, muy por encima del costo de capital usado como tasa de descuento para obtener la valoración del proyecto en términos presentes.

Gráfica 8. TIR del proyecto bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der)

(a) Escenario BAU



(b) Escenario TEA



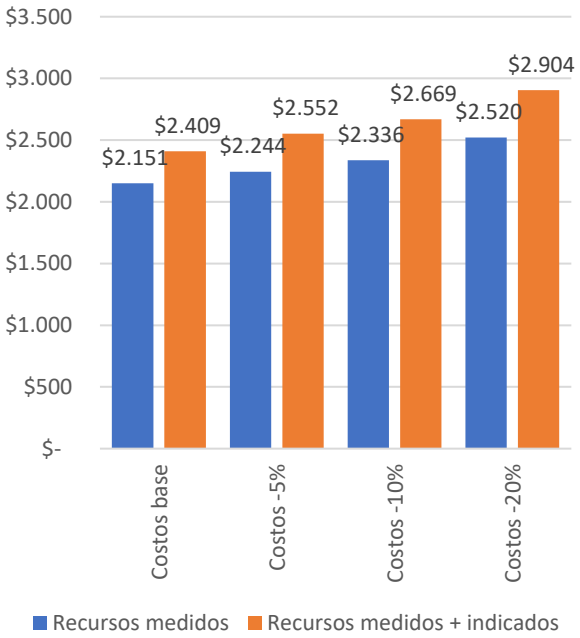
Fuente: elaboración Fedesarrollo.

La renta del Gobierno se ve en la

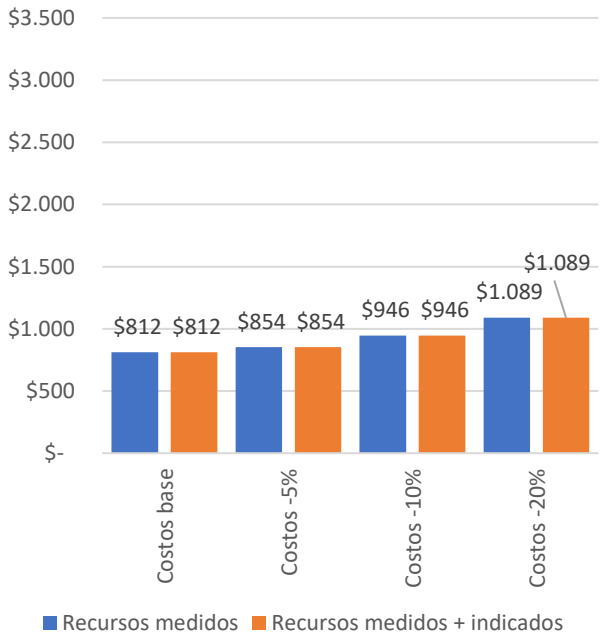
9. En un escenario de costos base, la diferencia de recaudo entre BAU y TEA es de cerca de 1.300 millones de dólares. En el escenario TEA, los recaudos son los mismos sin importar el nivel de recursos a explotar; esto se debe a que la operación es rentable únicamente hasta 2026, en este primer ejercicio, mientras que, en el escenario BAU, la diferencia entre el recaudo de renta gubernamental en valor presente es, en promedio, de USD 300 millones, entre los cálculos que suponen explotar los recursos medidos, o explotar los medidos y los indicados.

Gráfica 9. Renta del Gobierno bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der). Millones de USD.

(a) Escenario BAU



(b) Escenario TEA



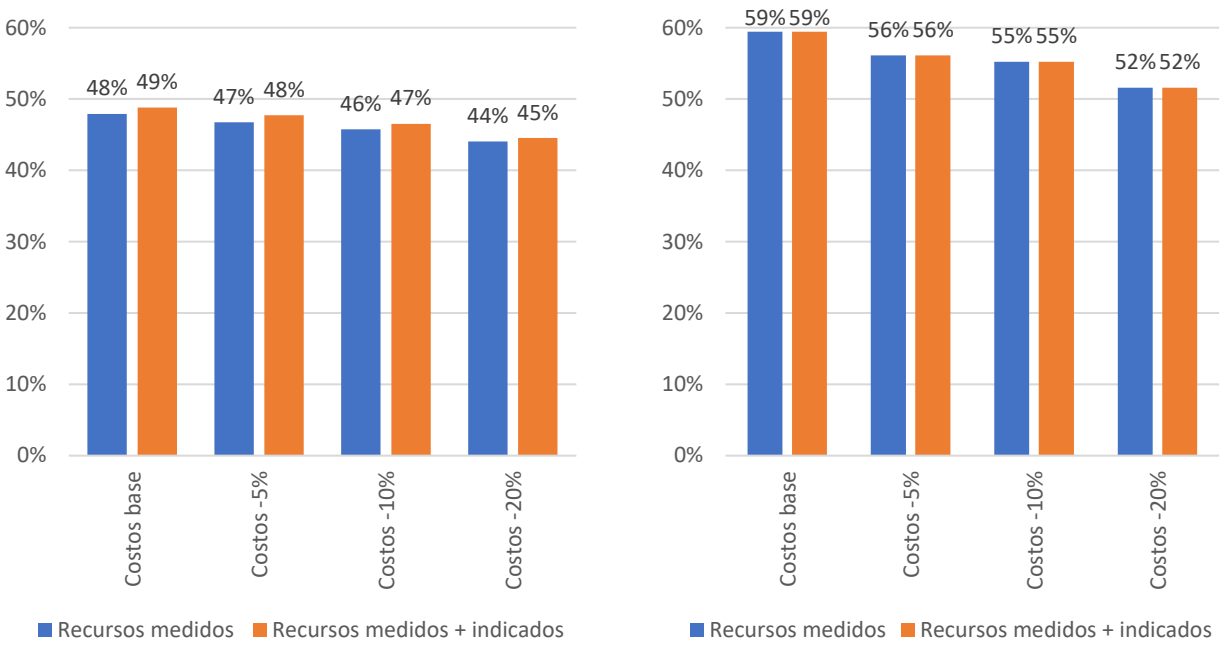
Fuente: elaboración Fedesarrollo.

El *government take,* GT, que se muestra en la Gráfica 10 evidencia una participación que está en línea con lo encontrado por la literatura para este tipo de proyectos de minería (Garay, 2019; Ernst & Young, 2012). En el escenario BAU, el GT varía entre 44% y 48% dependiendo del escenario de costos que se revise, mientras que en el escenario TEA, el *Government take* se encontraría entre un 52% y un 59%[4].

[4] Los componentes centrales del GT son el impuesto de renta que se cobra sobre la utilidad, y las regalías, que se cobran sobre el valor de la producción. Cuando caen los precios, la utilidad puede caer más que la producción; puede caer la participación del inversionista en las utilidades y aumentar la del gobierno.

Gráfica 10. *Government take* del proyecto bajo los escenarios BAU (izq) y TEA (der)

(a) Escenario BAU *(b) Escenario TEA* *(c)*



Fuente: elaboración Fedesarrollo.

b. Estimación de sensibilidades a cambios en el fee y la tasa de contraprestación adicional

En esta sección se realizan sensibilidades al *fee* de entrada subiéndolo a USD 250 millones, manteniendo los USD 50 millones de obligaciones heredadas, para un *fee* neto de USD 200 millones. En algunos casos la tasa de descuento se sube al 10% para obtener un escenario conservador que exprese una aversión mayor al riesgo del inversionista. También se realizan sensibilidades con costos reducidos con respecto del escenario base.

Asimismo, se incluye el escenario ácido de precios a solicitud de la ANM (USD 60/t, más bajo que el supuesto de precios del escenario TEA: USD 66/t).

En la Tabla 1 se observa la sensibilidad en ejercicios que contemplan una tasa de descuento del 8% cambiando el *fee* de entrada, la tasa de contraprestación adicional y la eficiencia en costos. De estos resultados se concluye que, bajo estas condiciones, en un escenario ácido de precios promedio de 60 USD/t y con una tasa de descuento del 8% el proyecto no es rentable, mientras que en los otros dos escenarios el VPN sí es positivo.

Tabla 1. Sensibilidades tomando como base una tasa de descuento de 8%

Supuestos												
	BAU	**TEA**	**ÁCIDO**	**BAU**	**TEA**	**ÁCIDO**	**BAU**	**TEA**	**ÁCIDO**	**BAU**	**TEA**	**ÁCIDO**
Tasa de descuento	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Fee de entrada Millones USD	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Costos/base	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-5%	-5%	-5%	-10%	-10%	-10%
Contraprestación adicional	0%	0%	0%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Resultados												
VPN Millones USD	$ 2.119,1	$ 205,3	-$ 92,6	$ 1.912,6	$ 93,1	-$ 184,2	$ 2.128,1	$ 200,6	-$ 116,2	$ 2.343,7	$ 309,2	-$ 17,9
TIR	187,4%	51,8%	n/a	149,5%	28,5%	n/a	158,7%	43,6%	n/a	167,7%	56,3%	0,1%
Government take	47,9%	59,4%	n/a	52,3%	63,4%	n/a	50,9%	62,5%	n/a	49,7%	61,6%	66,3%
Renta del Gobierno Millones USD	$ 2.154,9	$ 812,7	n/a	$ 2.361,5	$ 864,8	n/a	$ 2.453,8	$ 973,2	n/a	$ 2.546,2	$ 1.075,3	$ 763,8

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 2. Sensibilidades tomando como base una tasa de descuento de 10%

Supuestos												
	BAU	**TEA**	**ÁCIDO**	**BAU**	**TEA**	**ÁCIDO**	**BAU**	**TEA**	**ÁCIDO**	**BAU**	**TEA**	**ÁCIDO**
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Fee de entrada Millones USD	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Costos/base	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-5%	-5%	-5%	-10%	-10%	-10%
Contraprestación adicional	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Resultados												
VPN Millones USD	$ 1.786,3	$ 128,3	-$ 136,9	$ 1.746,8	$ 83,1	-$ 183,0	$ 1.940,7	$ 185,1	-$ 117,4	$ 2.134,7	$ 288,2	-$ 23,6
TIR	176,53%	40,74%	n/a	149,51%	28,52%	n/a	158,68%	43,61%	n/a	167,73%	56,31%	0,10%
Government take	51,45%	61,68%	n/a	52,19%	63,44%	n/a	50,81%	62,47%	n/a	49,60%	61,46%	66,32%
Renta del Gobierno Millones USD	$ 2.147,9	$ 793,6	n/a	$ 2.188,4	$ 839,7	n/a	$ 2.271,5	$ 940,3	n/a	$ 2.354,7	$ 1.034,2	$ 742,8

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Por otro lado, en la Tabla 2 se muestran las sensibilidades con una tasa de descuento del 10% y simulando cambios en el *fee* de entrada, eficiencia en costos y diferentes porcentajes de la tasa de contraprestación adicional. Bajo estas condiciones el proyecto es rentable en los escenarios de precios BAU y TEA, pero no en el escenario ácido.

4. Recomendaciones para la definición de las variables económicas en proceso de selección de un adjudicatario de las AEM para Carbón a partir de los análisis del modelo integral y otra información

El modelo es un instrumento para el análisis del proyecto Calenturitas- La Jagua que será incluido en la próxima Ronda minera, bajo la figura de Área Estratégica Minera. En este marco, la ANM tiene facultades para establecer algunas condiciones como una prima o un *fee* de entrada y un porcentaje de contraprestación adicional a las regalías, en un proceso competitivo público.

En este proceso, la ANM busca 1) atraer inversión privada para retomar la explotación de unas minas que se encuentran operativas, pero inactivas debido a que el titular anterior de las minas, presentó renuncia a los títulos, renuncia que fue aceptada por la ANM y 2) maximizar la renta para el Estado, sin desincentivar la inversión privada.

El análisis recurre a fuentes internacionales expertas en el mercado de energía mundial y del carbón, para las proyecciones de precios de corto y largo plazo, y a los documentos presentados por el titular de las minas que incluyen los planes de trabajos e inversiones, para conocer los recursos medidos e indicados, las inversiones previstas (de mantenimiento, ambientales y de cierre de mina, entre otras), y los costos mineros y administrativos.

Al igual que cualquier evaluación de proyecto, en este caso se procura incluir la mejor información disponible y escoger las mejores proyecciones de precios, cantidades y costos financieros. Sin embargo, hay dos elementos que incrementan la incertidumbre acerca del futuro de este proyecto. El primero tiene que ver con la dificultad de saber la duración del choque de precios actual, producto de la invasión de Ucrania por parte de Rusia, y la velocidad, y el cronograma, de la transición energética en curso que busca sustituir los combustibles fósiles, y en primer lugar del carbón, por energías renovables no convencionales en el mundo. El segundo surge de la asimetría de información entre el regulador y el regulado que no permite establecer con certeza los elementos de costos y gastos del proyecto.

Para enfrentar esta incertidumbre radical, el modelo de Fedesarrollo sirvió de base para analizar diversos escenarios de precios, cantidades y costos para los cuales el valor del proyecto, la rentabilidad y el *government take* son positivos. Se acordaron con la ANM dos escenarios finales que consisten en: uno que reconoce que la transición energética incidirá

en la evolución de la demanda mundial y los precios internacionales a partir de 2024 o 2025, y otro que se acerca al escenario de *Business as usual* previo a la pandemia y a la invasión de Ucrania, donde al menos hasta mediados de la década de los años treinta, la demanda mundial mantiene la dinámica de los últimos diez años, aunque cambie la composición geográfica del destino de las exportaciones de los países productores. El rango de los precios proyectados está en promedios de largo plazo de entre USD 66/tonelada de carbón API2 y USD80/t. Para los dos escenarios, se calcularon sensibilidades a los costos y a la tasa de descuento. Para definir los valores mínimos del *fee* y de la contraprestación adicional, así como para establecer las equivalencias de los valores incrementales de estas variables en el proceso competitivo, se realizaron los ejercicios que se presentan a continuación.

a. Estimación de sensibilidades al fee y la contraprestación adicional bajo primer escenario elegido

De acuerdo con lo encontrado en los ejercicios anteriores, el VPN del proyecto desciende 10 veces cuando se compara el escenario BAU con el TEA, con precios de USD 108/t frente a precios de USD 66/t. El escenario BAU supone que no habrá cambios sustanciales en la demanda de carbón en el largo plazo.

Los análisis de expertos (véase IEA, 2021, e IEA, 2020) muestran que el supuesto BAU es muy fuerte y que, en el caso del carbón, el escenario de reducción de la demanda en el largo plazo es más que plausible. El mercado de futuros actual, en medio de las disrupciones causadas por la invasión de Ucrania y la retaliación contra Rusia es un mercado de *contango*: los precios futuros son mayores que el *spot*, hasta 2025. A partir de ese momento, la demanda mundial de carbón crecerá a menores tasas o decrecerá y los precios no serán los del escenario BAU, sino menores.

Por lo tanto, el escenario TEA con USD66 de precios promedio de largo plazo puede estar más alineado con lo que perciben los inversionistas o con sus parámetros para emprender proyectos en este momento, con lo cual bajo este escenario se realizarán simulaciones del fee de entrada y la tasa de contraprestación adicional. Pero también es posible que la transición no se dé de manera acelerada y los precios retomen la senda previa a la que tenían antes de la coyuntura. Por ello, se escogen dos escenarios finales.

En cuanto a los demás parámetros, la ANM escogió un **primer escenario**, entre las múltiples corridas del modelo, cuyos supuestos son los siguientes:

- Tasa de descuento del 10%
- Precio del escenario de la transición energética USD 66/t
- El valor mínimo del fee que es igual al precio opción de compra, estimado en 200 millones de dólares neto de obligaciones heredadas.

- Tasa de contraprestación mínima de 1% adicional. En vista de que las TIR son altas en todos los escenarios (y altos GT), no es necesario fijar una contraprestación adicional inferior a ese porcentaje.
- Se supone una optimización de costos de al menos 5%, en vista de que existe una asimetría de información entre la ANM y el anterior titular.

En estas últimas sensibilidades, se quiere establecer, en el escenario base escogido, cómo cambian las condiciones generales para el inversionista y el Estado, cuando cambian, en el margen, el valor del *fee* de entrada y el porcentaje de la contraprestación adicional. Lo anterior con el propósito de establecer equivalencias entre aumentos marginales, con respecto del *fee* base, y ofertas de contraprestaciones adicionales, con respecto de la contraprestación mínima definida.

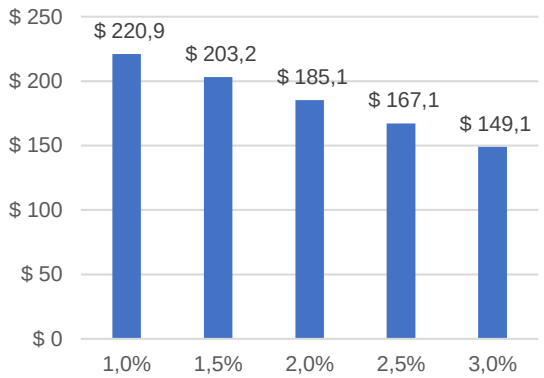
Sensibilidad a la contraprestación adicional

En la Gráfica 11 se muestran las sensibilidades del VPN, TIR, *government take* y renta del Gobierno a cada aumento de 0,5 puntos porcentuales de la tasa de contraprestación. Para el VPN, cada 50 puntos básicos adicionales de contraprestación significan una disminución promedio del VPN de USD 18 millones.

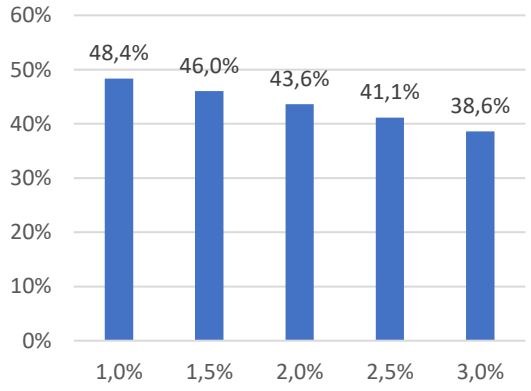
Por otro lado, por cada 50 puntos básicos adicionales de contraprestación, la TIR se disminuye en promedio en 2.4 puntos porcentuales, mientras que la renta del gobierno aumenta en USD18 millones y el *government take* aumenta en promedio 1,2 puntos porcentuales.

Gráfica 11. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT a la tasa de contraprestación adicional

(a) VPN en millones de USD variando con la contraprestación adicional

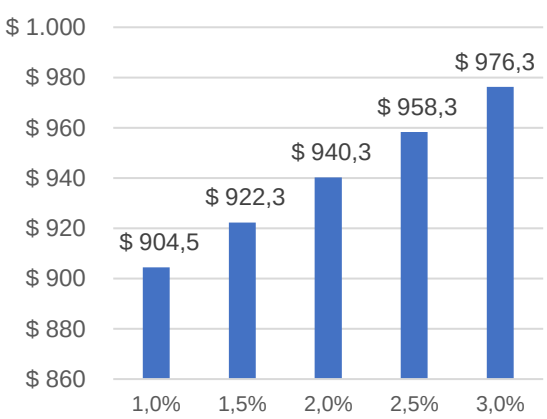


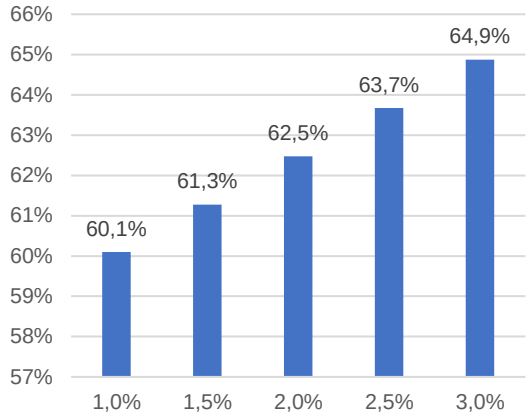
(b)TIR vis-à-vis variando el porcentaje de contraprestación adicional



(c) Renta del Gobierno en millones de USD vis-à-vis variando la contraprestación adicional

(d) Government take vis-à-vis variando la contraprestación adicional





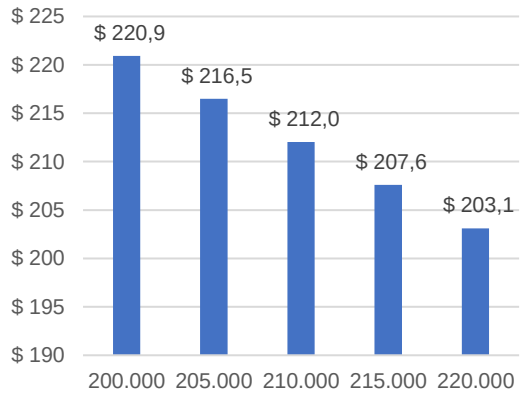
Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Sensibilidad al fee de entrada

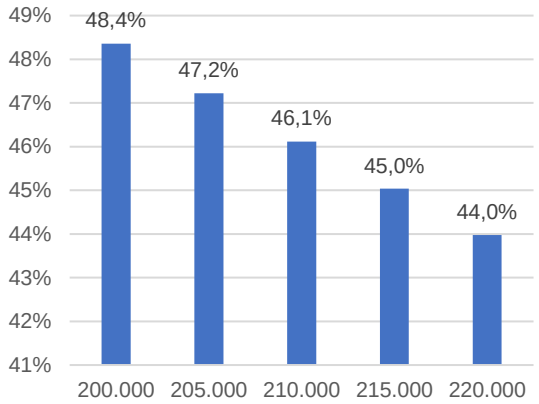
En la Gráfica 12 se muestra el efecto de aumentar el *fee* en USD5 millones. Por cada USD 5 adicionales, el VPN disminuye en promedio USD 4,5 millones. Asimismo, este aumento en el *fee* disminuye la TIR en promedio 1,1 puntos porcentuales, aumenta la renta del Gobierno en USD 4,5 millones e incrementa el *government take* en 0,2 puntos porcentuales.

Gráfica 12. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT al *fee* de entrada

(a) VPN en millones de USD por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada

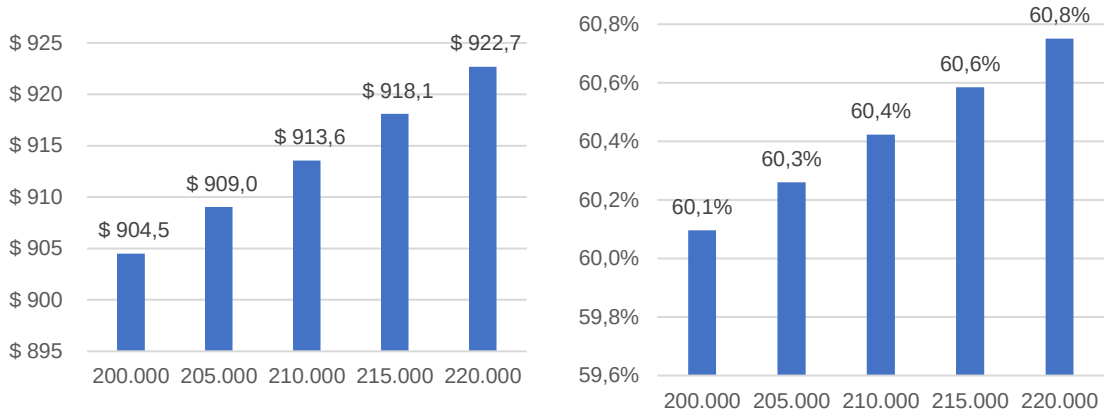


(b) TIR por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



(c) Renta del Gobierno en millones de USD por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada

(d) Government take por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



Fuente: elaboración Fedesarrollo.

b. Estimación de sensibilidades al fee y la contraprestación adicional bajo un escenario adicional

En vista de que un escenario BAU con precios promedio de 100 USD/t parece poco probable, y que existe la probabilidad de que la transición energética no sea acelerada, se acordó caracterizar un **escenario final adicional** donde los precios BAU sean un 20% menores, es decir, donde los precios promedio sean de 80 USD/t.

Las sensibilidades se realizan sobre cambios de 0,5 puntos porcentuales de la tasa de contraprestación adicional, y cambios de USD 5 millones en el *fee* de entrada. Por otra parte, los costos cambiarán entre un -5% y un -10%.

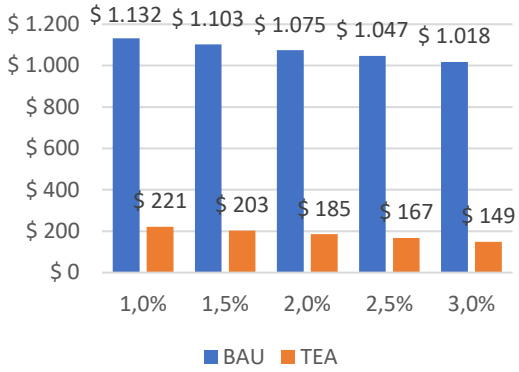
En la Gráfica 13 se observa la sensibilidad a los cambios de la tasa de contraprestación adicional, con un supuesto de costos reducidos, con respecto de los costos base, en un 5%, tanto para el escenario BAU como para el TEA. Por cada 50 puntos básicos adicionales de contraprestación, el VPN se disminuye en promedio en USD 28 millones, en el escenario BAU. En el escenario TEA, la reducción es de 18 millones.

Asimismo, se observa que, por cada 50 puntos básicos adicionales de contraprestación, la TIR disminuye en promedio en 2 puntos porcentuales dólares, en los escenarios BAU y TEA, mientras que la renta del Gobierno aumenta en promedio en USD 28 millones, en el escenario BAU, y USD 18 millones, en TEA. Finalmente, para el *Government take* el aumento promedio es de 1 punto porcentual para BAU y TEA.

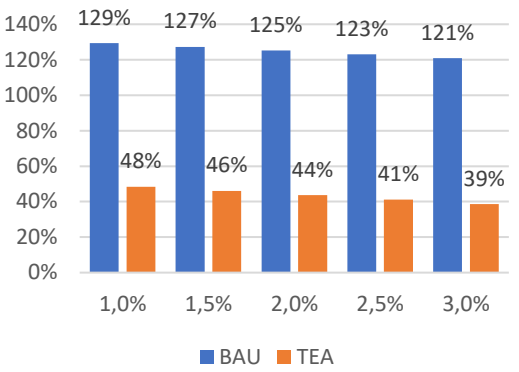
Gráfica 13. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT a la contraprestación adicional bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -5%

(a) VPN en millones de USD variando con la contraprestación adicional

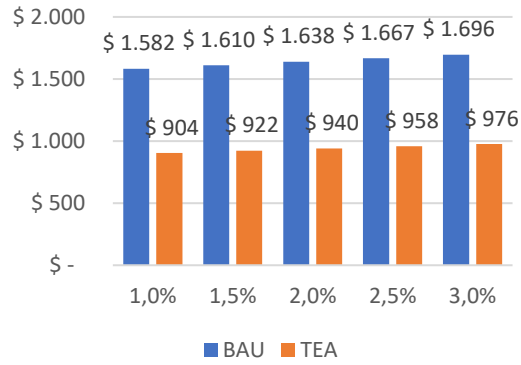
(b)TIR vis-à-vis variando el porcentaje de contraprestación adicional

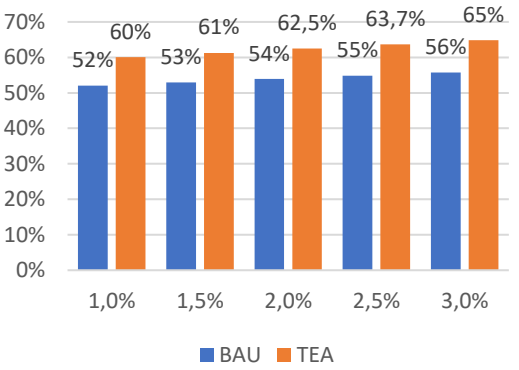


(c) Renta del Gobierno en millones de USD vis-à-vis la contraprestación adicional



(d) Government take vis-à-vis variando la contraprestación adicional





Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Igualmente, en la Gráfica 14 se muestran las sensibilidades a los cambios en la tasa de contraprestación adicional, con un supuesto de los costos reducidos en un 10%, con respecto de los costos base, tanto para el escenario BAU, como para el TEA. Por cada 50 puntos básicos adicionales de contraprestación, el VPN disminuye en promedio en USD 29,7 millones, en el escenario BAU, mientras que, en el escenario TEA, la reducción es de USD 17,9 millones. También se ve que el efecto promedio sobre la TIR es una disminución en 2,1 puntos porcentuales, en los escenarios BAU y TEA.

Adicionalmente, ante aumentos de 50 puntos básicos adicionales de contraprestación, el *Government take* aumenta en promedio en 0,9 puntos porcentuales, en el escenario BAU, y de 0,6 en promedio para TEA.

Por otro lado, en la Gráfica 15 se puede ver la sensibilidad ante cambios en el *fee* de entrada, con un supuesto de costos reducidos en un 5%, con respecto de los costos base, tanto para el escenario BAU, como para el TEA. Por cada USD 5 millones adicionales de fee de entrada, el VPN disminuye en promedio en 4,2 millones de dólares, en el escenario BAU. En el escenario TEA, la reducción es de 4,4 millones.

Igualmente, por cada USD5 millones adicionales de *fee* de entrada, la TIR disminuye en promedio en 1,9 puntos porcentuales dólares, en el escenario BAU, y cae 1,1 puntos

porcentuales, en el TEA; mientras que el *Government take* aumenta en promedio en 0,1 punto porcentual, en BAU, y 0,2, en TEA.

Finalmente, la

Gráfica 16 muestra la sensibilidad ante cambios en el *fee* de entrada con los costos reducidos en un 10% tanto para BAU como para TEA. Por cada USD5 millones adicionales de *fee* de entrada, el VPN disminuye en promedio USD 4,2 millones, en el escenario BAU. En el escenario TEA, la reducción es de 4,4 millones. También se observa que la TIR disminuye en promedio 2 puntos porcentuales, en el escenario BAU, y de 1,2 puntos porcentuales, en TEA.

Asimismo, por cada USD5 millones adicionales de *fee* de entrada, el *Government take* aumenta en promedio en 0,1 punto porcentual en BAU y 0,2 en TEA.

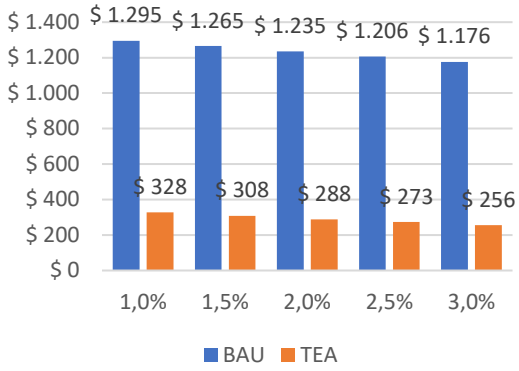
Las Tablas

Tabla 7, Tabla 8,

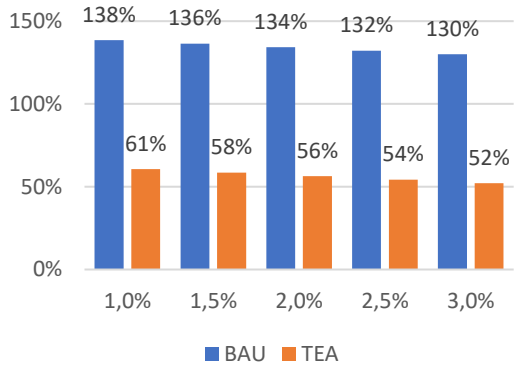
Tabla 9 y Tabla 10 muestran los supuestos y resultados de estos escenarios.

Gráfica 14. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT a la contraprestación adicional bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -10%

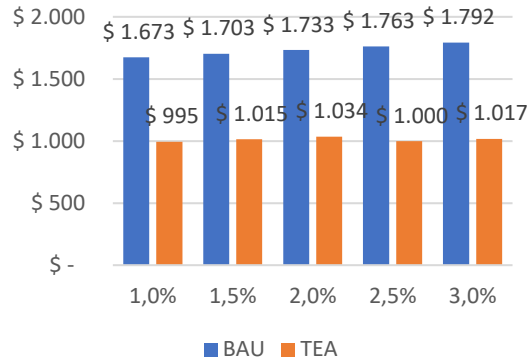
(a) VPN en millones de USD variando con la contraprestación adicional



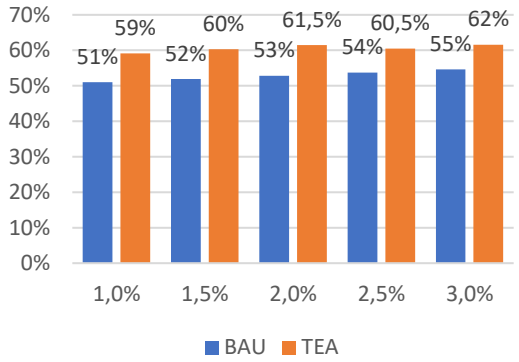
(b)TIR vis-à-vis variando el porcentaje de contraprestación adicional



(c) Renta del Gobierno en millones de USD vis-à-vis la contraprestación adicional



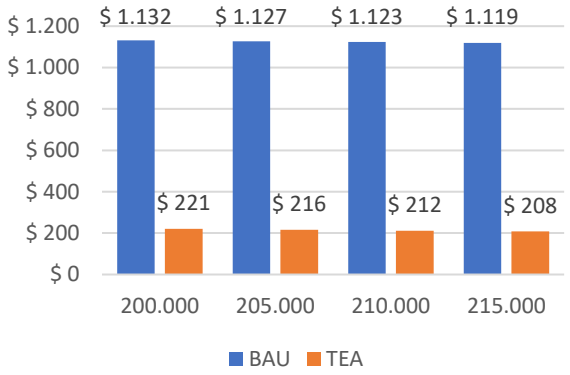
(d) Government take vis-à-vis variando la contraprestación adicional



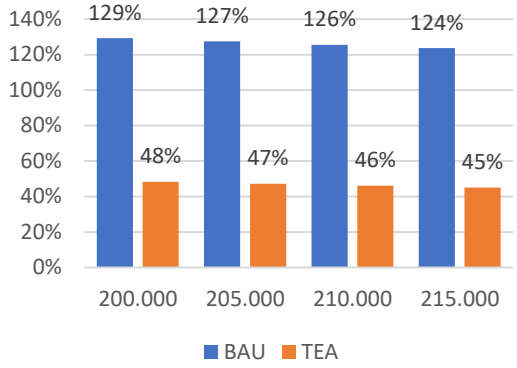
Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Gráfica 15. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT al *fee* de entrada bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -5%

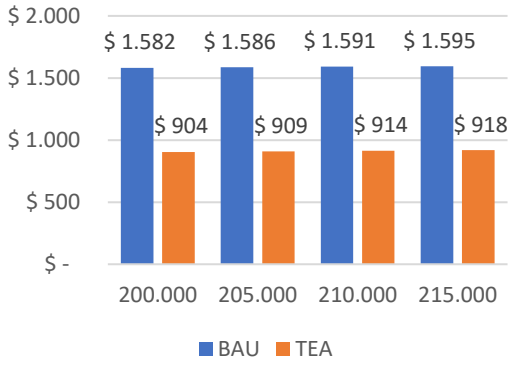
(a) VPN en millones de USD por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



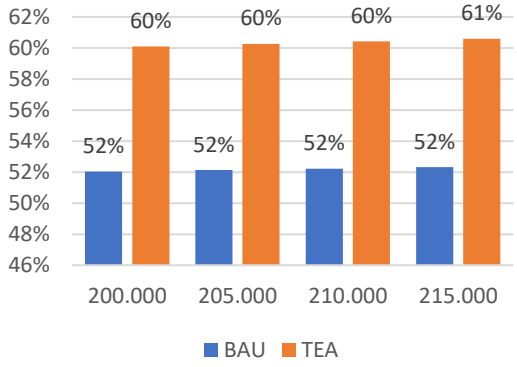
(b) TIR por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



(c) Renta del Gobierno en millones de USD por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



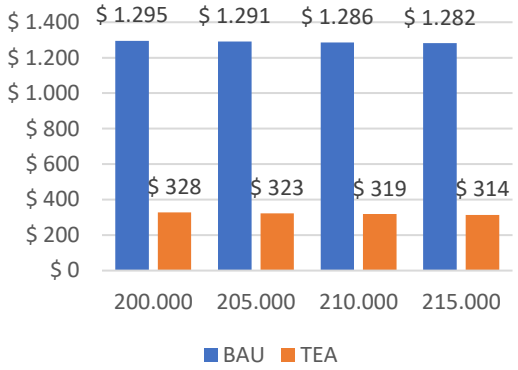
(d) Government take por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



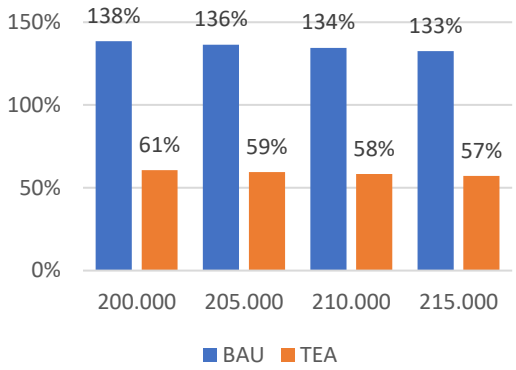
Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Gráfica 16. Sensibilidades del VPN, TIR, renta del Gobierno y GT al *fee* de entrada bajo los escenarios de BAU 80USD/t y TEA con costos -10%

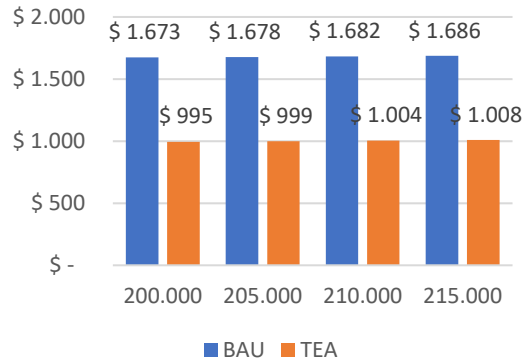
(a) VPN en millones de USD por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



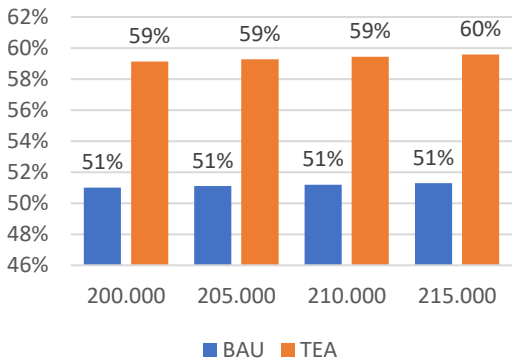
(b) TIR por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



(c) Renta del Gobierno en millones de USD por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



(d) Government take por cada 5 millones de USD adicionales en fee de entrada



Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 3. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario BAU 80USD y costos -5%

Supuestos					
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD
Costos/base	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%
Fee Millones USD	250	250	250	250	250
Tasa de contraprestación adicional	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
Resultado					
VPN Millones USD	$ 1.131	$ 1.103	$ 1.074	$ 1.046	$ 1.017
TIR	129%	127%	125%	123%	121%
GT	52,0%	53,0%	53,9%	54,8%	55,8%
RENTA Millones USD	$ 1.581	$ 1.610	$ 1.638	$ 1.666	$ 1.695

Fuente: elaboración Fedesarrollo. Nótese que en todas las simulaciones se mantiene que el fee neto es de USD200 millones al estar USD50 millones de obligaciones heredadas.

Tabla 4. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario BAU 80USD y costos -10%

Supuestos					
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD
Costos/base	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
Fee Millones USD	250	250	250	250	250
Tasa de contraprestación adicional	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
Resultado					
VPN Millones USD	$ 1.294	$ 1.265	$ 1.235	$ 1.205	$ 1.175
TIR	138%	136%	134%	132%	130%
GT	51,0%	51,9%	52,8%	53,7%	54,6%
RENTA Millones USD	$ 1.673	$ 1.702	$ 1.732	$ 1.762	$ 1.792

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 5. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario TEA y costos -5%

Supuestos					
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD
Costos/base	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%
Fee	250	250	250	250	250
Tasa de contraprestación	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
Resultado					
VPN Millones USD	$ 220	$ 203	$ 185	$ 167	$ 149
TIR	48%	46%	44%	41%	39%
GT	60,1%	61,3%	62,5%	63,7%	64,9%
RENTA Millones USD	$ 904	$ 922	$ 940	$ 958	$ 976

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 6. Sensibilidades a tasa de contraprestación adicional – Escenario TEA y costos -10%

Supuestos					
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD
Costos/base	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
Fee Millones USD	250	250	250	250	250
Tasa de contraprestación adicional	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
Resultado					
VPN Millones USD	$ 327	$ 307	$ 288	$ 273	$ 256
TIR	61%	58%	56%	54%	52%
GT	59,1%	60,3%	61,5%	60,5%	61,5%
RENTA Millones USD	$ 994	$ 1.014	$ 1.034	$ 1.000	$ 1.017

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 7. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario BAU 80USD y costos -5%

Supuestos				
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD
Costos/base	-5%	-5%	-5%	-5%
Fee Millones USD	250	255	260	265
Tasa de contraprestación adicional	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Resultado				
VPN Millones USD	$ 1.131	$ 1.127	$ 1.123	$ 1.118
TIR	129%	127%	126%	124%
GT	52,0%	52,1%	52,2%	52,3%
RENTA Millones USD	$ 1.581	$ 1.586	$ 1.590	$ 1.594

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 8. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario BAU 80USD y costos -10%

Supuestos				
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD	BAU 80USD
Costos/base	-10%	-10%	-10%	-10%
Fee Millones USD	250	255	260	265
Tasa de contraprestación adicional	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Resultado				
VPN Millones USD	$ 1.294	$ 1.290	$ 1.286	$ 1.282
TIR	138%	136%	134%	133%
GT	51,0%	51,1%	51,2%	51,3%
RENTA Millones USD	$ 1.673	$ 1.677	$ 1.681	$ 1.686

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 9. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario TEA y costos -5%

Supuestos				
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD
Costos/base	-5%	-5%	-5%	-5%
Fee Millones USD	250	255	260	265
Tasa de contraprestación adicional	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Resultado				
VPN Millones USD	$ 220	$ 216	$ 212	$ 207
TIR	48%	47%	46%	45%
GT	60,1%	60,3%	60,4%	60,6%
RENTA Millones USD	$ 904	$ 909	$ 913	$ 918

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 10. Sensibilidades a fee de entrada – Escenario TEA y costos -10%

Supuestos				
Tasa de descuento	10%	10%	10%	10%
Escenario Precios	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD	TEA 66USD
Costos/base	-10%	-10%	-10%	-10%
Fee Millones USD	250	255	260	265
Tasa de contraprestación adicional	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Resultado				
VPN Millones USD	$ 327	$ 323	$ 318	$ 314
TIR	61%	59%	58%	57%
GT	59,1%	59,3%	59,4%	59,6%
RENTA Millones USD	$ 994	$ 999	$ 1.003	$ 1.008

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

En conclusión, en los dos escenarios finales de precios, el VPN es positivo y la TIR supera ampliamente el costo del capital. Los valores mínimos acordados para el *fee* de entrada y para la contraprestación adicional de 1%, **en estas circunstancias de incertidumbre en el mercado, de asimetría de información y bajo los supuestos establecidos**, no disuaden el interés de los inversionistas y comportan un *government take* acorde con el de proyectos comparables en regímenes propietarios de otros países. El proceso competitivo de la Ronda Minera podrá aumentar el valor de las dos categorías. La ANM tiene así una base para sus decisiones finales, las cuales, como es claro, son de su resorte y no comprometen a Fedesarrollo.

- Cuando el *fee* neto es de USD 200 millones y los precios de largo plazo promedio son de USD 66/t: por cada 50 puntos básicos adicionales de contraprestación, el VPN disminuye en promedio USD18 millones y la TIR disminuye en 2,4 puntos porcentuales. El *government take* aumenta 1,2 puntos porcentuales.
- Cuando el *fee* aumenta USD5 millones, *ceteris paribus*: el VPN disminuye USD 4,5 millones, la TIR disminuye 1,1 puntos porcentuales y el *government take* aumenta 0,2 puntos porcentuales
- En términos del GT, USD 5 millones adicionales de *fee* equivalen a 6 veces medio punto de contribución adicional.
- Como es de esperar, el VPN y la rentabilidad del proyecto, en el nuevo escenario de precios BAU de USD80/t, son más altos que en el escenario TEA, en el cual los valores del VPN y la TIR son también positivos. Una diferencia central entre los dos escenarios, es la duración del período de explotación el cual cambia porque, en el escenario TEA, las minas dejan de ser rentables antes de 2036.

5. Bibliografía

Argus-McCloskey´s (2022). *Coal Price. Index Report.* Varios informes mensuales.

Auger, T., Trüby, J., Balcombe, P., & Staffell, I. (2021). The future of coal investment, trade, and stranded assets. *Joule, 5*(6), 1462-1484.

Damodaran. (2022). *Damodaran Online*. Obtenido de https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/

Ernst & Young. (2012). *Análisis comparativo de la participación estatal para las minas de oro y carbón en Colombia.*

Fedesarrollo. (2021). *El government take de la minería de oro en Colombia.*

Focus Economics. (2022). *FocusEconomics Consensus Forecast Energy Commodities - February 2022.*

Garay, L. J. et al (2019). *Minería en Colombia.* Contraloría General de la República.

International Energy Agency. IEA. (2020). *WEO 2020.*

International Energy Agency. IEA. (2021). *Coal 2021 Analysis and forecast to 2024.*

Rincón, H., & Delgado, M. E. (2021). ¿Cuánto tributan efectivamente el consumo, el trabajo y el capital en Colombia? Cálculos con las Cuentas Nacionales base 2015. *Borradores de Economía*(1161).

United Nations. (2021). *Climate Change Conference UK 2021.* COP 26 The Glasgow Climate Pact.

Wood Mackenzie. (2022). *Commodity Market Report. Thermal Coal Markets short-term Outlook, February.*



Fedesarrollo
Calle 78 # 9 - 91, Bogotá, Colombia.
Teléfono: (601) 3259777
@Fedesarrollo