

# DOCUMENTO DE EVALUACIÓN DE POLÍTICAS N° 005-2017

## Evaluación Ex Post del Impacto de la Supervisión de las Actividades Mineras en el Perú



Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar  
Lima – Perú

[www.Osinergmin.gob.pe](http://www.Osinergmin.gob.pe)

Gerencia de Políticas y Análisis Económico

Teléfono: 219-3400 Anexo 1057

[http://www.Osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca\\_Osinergmin/estudios\\_economicos/oficina-estudios-economicos](http://www.Osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_Osinergmin/estudios_economicos/oficina-estudios-economicos)

## Índice

Prologo .....	3
Introducción .....	4
La Actividad Minera y el Riesgo Laboral Asociado .....	5
Proceso de Supervisión de la Infraestructura Minera.....	5
Marco Metodológico.....	8
Estimación del Impacto .....	9
Conclusiones .....	11
Anexo N° 1: Estimador de Diferencias en Diferencias .....	13
Referencias.....	17

## Prologo

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - Osinergmin, como una institución abocada a ser un regulador de clase mundial, busca crear valor y bienestar para la sociedad en su conjunto, tomando como referencia las mejores prácticas internacionales recomendadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y cumpliendo los principios de calidad regulatoria. En ese contexto, reconoce la importancia de implementar buenas prácticas de transparencia y rendición de cuentas como un medio necesario para mantener la confianza de sus grupos de interés y para garantizar los resultados deseados ya que las empresas y los ciudadanos esperan que Osinergmin logre sus objetivos y cumpla sus funciones utilizando de manera óptima los recursos que dispone con integridad y objetividad.

Además del principio de rendición de cuentas (*accountability*), Osinergmin considera para el cumplimiento de sus funciones el concepto de costo/efectividad, cuyo objetivo está orientado a garantizar la obtención de los mejores resultados posibles con los recursos que dispone. En este sentido, como parte de sus actividades asociadas a la gestión del conocimiento dentro de Osinergmin y en cumplimiento de sus funciones, la Gerencia de Políticas y Análisis Económico está realizando reportes especiales que cuantifican el impacto *ex post* de las actividades de supervisión y fiscalización que realiza Osinergmin a las empresas reguladas. Esta evaluación se basa en los principios de independencia y "*accountability*", los cuales son necesarios para garantizar que la regulación sea justa, necesaria y efectiva. Así, la evaluación *ex post* de las regulaciones existentes es importante para garantizar la eficacia y eficiencia de las medidas ejecutadas, a fin de evaluar hasta qué punto dichas actividades cumplen con las metas para las que fueron diseñadas.

La identificación de todos los costos y beneficios derivados de la ejecución de la política de supervisión contribuyen a mostrar que las funciones que realiza Osinergmin tienen una repercusión positiva en el bienestar de la población, específicamente, de los trabajadores de la industria minera, a través de la supervisión de la infraestructura en minería con la finalidad de prevenir accidentes laborales. En este documento mostramos los resultados de la evaluación de la política de supervisión del cumplimiento de las normas de seguridad referentes a infraestructura, instalaciones y gestión de las operaciones mineras, tarea que resulta indispensable para que las operaciones de las empresas mineras sean más seguras y confiables.

Ing. Jesús Tamayo Pacheco  
Presidente del Consejo Directivo

## Introducción<sup>1</sup>

La minería es uno de los sectores productivos más importantes de la economía mundial ya que contribuye con el crecimiento y desarrollo de los países creando empleo (directo e indirecto) y generando rentas para la sociedad (Tamayo *et al.*, 2017). En tal sentido, es necesario brindar las condiciones necesarias para un desarrollo equilibrado del sector que respalde, no solamente el bienestar económico, sino también el bienestar de la sociedad y la seguridad de los trabajadores.

Entre el periodo 2002-2006, las actividades mineras en el Perú registraron un alto índice de accidentes mortales por horas hombre trabajadas. Según Dammert (2007), las principales causas que generaban los accidentes fueron el desprendimiento de rocas, caídas de personas, tránsito, derrumbes y explosiones. Estas cifras ponían en evidencia la necesidad de implementar nuevos procedimientos de supervisión en el sector.

En el año 2007 se adicionó al Osinerg, las funciones de supervisión y fiscalización de las actividades del sector minero peruano, por lo cual la institución pasó a denominarse Osinergmin. Desde ese año, el organismo regulador modificó la forma en que se abordaba las funciones antes señaladas y las orientó, de manera progresiva, hacia una supervisión especializada basada en riesgos adoptando herramientas económicas para la imposición de incentivos que disuadan a las empresas concesionarias de los incumplimientos normativos (por ejemplo, se incluye en el procedimiento de cálculo de multas, las ganancias ilícitas vinculadas a los costos evitados y postergados).

En este documento se presentará la estimación del impacto económico que habría generado la supervisión y fiscalización de las actividades del sector minero en el Perú en el periodo 2007-2015. En la primera sección, se presentará un resumen de los beneficios económicos de la actividad minera y los riesgos laborales particulares de este sector. En la segunda sección, se detalla la evolución e implementación del proceso de supervisión. En la siguiente sección, se presenta la metodología utilizada para la determinación del impacto económico, así como los principales resultados respecto al análisis costos beneficio. Finalmente, en la última sección, se presentan recomendaciones de políticas de carácter transversal que identifiquen los requerimientos mínimos necesarios para la implementación de políticas de supervisión y fiscalización disuasivas.

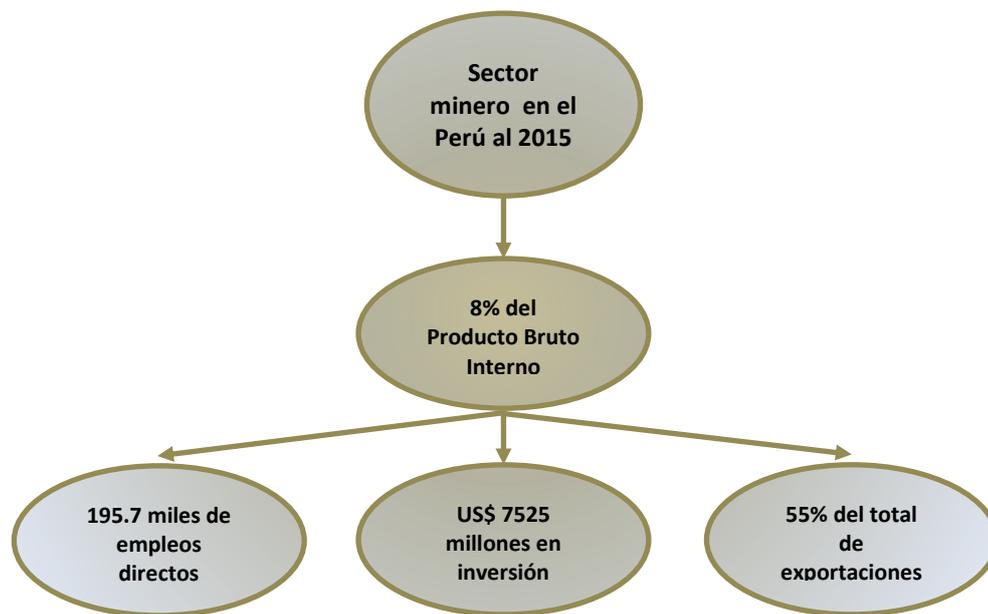
---

<sup>1</sup> Esta evaluación ha sido presentada en Tamayo, Salvador, Vásquez y Zurita (2017) (editores), Capítulo 7.

## La actividad minera y el riesgo laboral asociado

La importancia de la actividad minera sobre el desarrollo de un país se evidencia en el impacto positivo que genera este sector sobre variables importantes tales como la inversión, producción, exportaciones y empleo. A continuación se muestra un resumen de los principales beneficios que genera esta actividad para Perú al 2015.

**Ilustración N° 1:**  
**Principales beneficios de la actividad minera al 2015**



Fuentes: MEM y BCRP. Elaboración: GPAE-Osinergmin

Esta generación de riqueza, sin embargo, no está exenta de riesgos inherentes a la particular forma de producción de las actividades mineras. Los principales peligros están asociados a los accidentes mortales y daños ambientales y patrimoniales, los cuales, obviamente, generan externalidades negativas sobre el bienestar social y, por lo tanto, se convierten en fallas de mercado cuando no se corrigen o se evitan. En ese contexto el gobierno central ejerce una función normativa para determinar los estándares de riesgos socioambientales inmersos en las actividades mineras (Vásquez *et al.*, 2013).

No obstante, de acuerdo a lo señalado por Tamayo *et al.* (2013) y Vásquez (2012), la legislación no es una condición suficiente para corregir la falla de mercado identificada. En tal sentido, existe otra falla de mercado denominada *riesgo moral* que nace por las dificultades de obtener información confiable con respecto a los esfuerzos de las empresas concesionarias para cumplir con las normas de seguridad.

En el marco de la teoría de la ejecución pública de las leyes, el Estado, mediante Osinergmin, ha diseñado y adoptado instrumentos económicos que tienen como objetivo eliminar las asimetrías de información entre las empresas mineras, las poblaciones y trabajadores, y el organismo supervisor. Estos mecanismos buscan, por un lado, disuadir a las concesionarias de adoptar comportamientos oportunistas y, por otro, la internalización de las consecuencias de sus incumplimientos.

## Proceso de Supervisión de la Infraestructura Minera

La regulación es una forma de intervención pública necesaria en la actividad económica que está orientada a establecer un marco de acción que restringe o condiciona el actuar de los agentes económicos y, además, permite controlar el cumplimiento del marco de actuación establecido (Lasheras, 1999).

Existen dos formas de intervención del estado: la regulación social y la económica. La primera se realiza en aquellos sectores cuyas actividades podrían afectar la salud, el bienestar y la seguridad de los agentes económicos, mientras que la segunda se enfoca en el comportamiento competitivo de los mercados o los derechos de los productores o consumidores (Salamon, 2002).

En el sector minero, la regulación social hace referencia a la seguridad industrial, la salud de los trabajadores y la protección del ambiente. Según el artículo 3 de la Ley N° 29901,<sup>2</sup> el Osinergmin es competente para supervisar y fiscalizar, en el ámbito nacional, el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas relacionadas con las actividades del sector minero en materia de seguridad de la infraestructura, instalaciones y gestión de las operaciones de la gran y mediana minería.

En cuanto a la supervisión en materia de seguridad minera, Osinergmin ha venido mejorando sus procesos pasando de un enfoque de supervisión general a uno especializado en donde se priorizan e intensifican las supervisiones hacia aquellas unidades mineras que registren un nivel de riesgo (de seguridad en las infraestructuras) mayor con respecto a otras.

De acuerdo con lo señalado por Dammert y Molinelli (2007), el inicio de las supervisiones por parte de Osinergmin en 2007 fue financiado por el arancel minero. Sin embargo, esta forma de financiamiento generaba diferentes restricciones presupuestales que imposibilitaban incrementar el *enforcement* por parte de Osinergmin.

Así, entre 2007 y 2012, Osinergmin verificaba el cumplimiento, de manera general, de todas las obligaciones contenidas en el reglamento (D.S. N° 046-2001-EM y D.S. N° 055-2010-EM según su

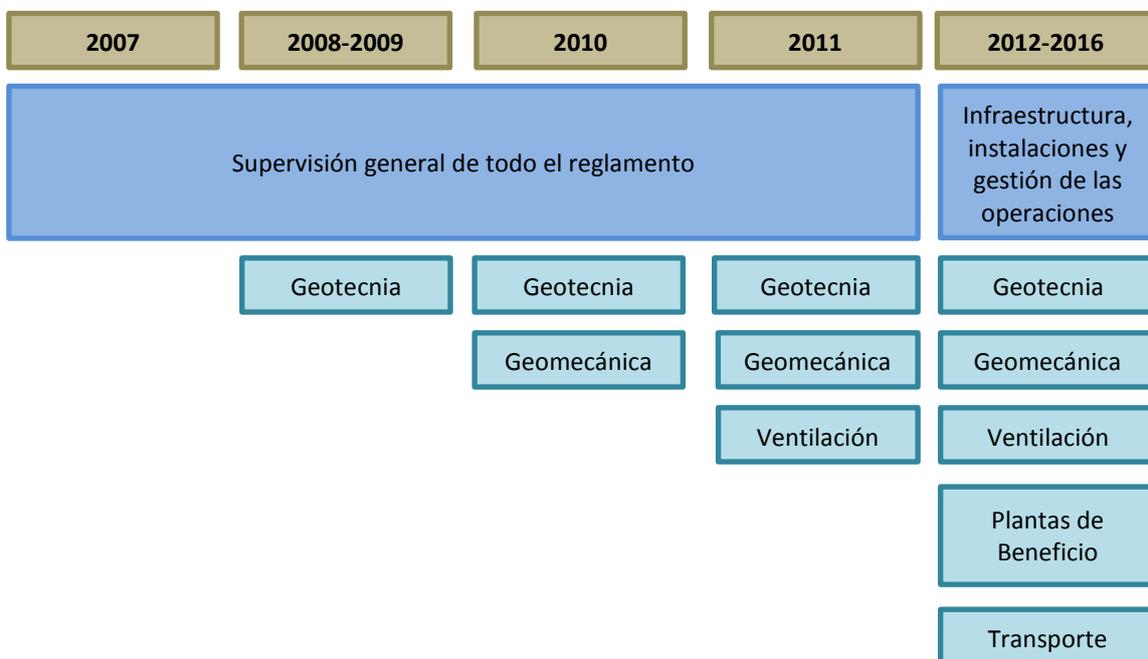
---

<sup>2</sup> Ley que precisa competencias del Osinergmin, publicada en julio de 2012.

Cabe mencionar que a partir del año 2007, mediante la Ley N° 28964, se amplió el campo de trabajo del Osinerg al sector minero y la institución pasó a denominarse Osinergmin.

periodo de vigencia). La transformación empezó con la supervisión especializada en geotecnia implementada en el 2008, en donde se dedicaba puntual importancia a la estabilidad física de los depósitos de relave, pilas de lixiviación y depósitos de desmonte. Posteriormente, considerando la mayor frecuencia de accidentes se sumó geomecánica y ventilación en 2010 y 2011, respectivamente. En 2012, Osinergmin adoptó la supervisión de seguridad especializada en temas de geotecnia, geomecánica, ventilación, transporte y plantas de beneficio. Bajo este nuevo esquema, la institución ha ampliado su cobertura y ha evidenciado una mayor presencia ya que supervisa, entre tres y cinco veces al año, todas las unidades mineras en explotación. En la **Ilustración N° 2** se puede observar la evolución en el enfoque de supervisión minera.

**Ilustración N° 2**  
**Enfoque de la supervisión de la seguridad minera, 2007-2016**



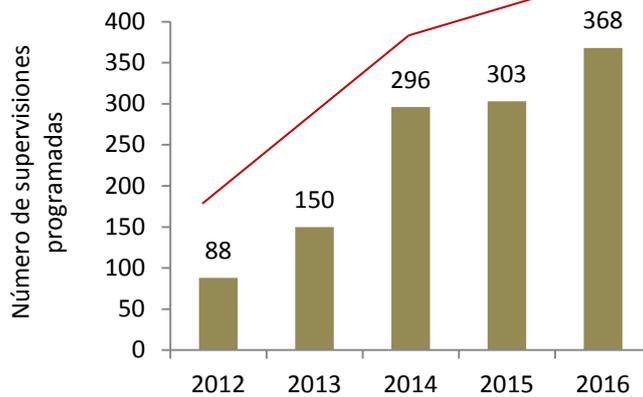
Fuente: GSM. Elaboración: GPAE-Osinergmin

Como se mencionó líneas arriba, la supervisión de Osinergmin responde a un enfoque basado en riesgos. La estrategia de supervisión especializada se implementó con el objetivo de contar con una metodología basada en un análisis que identifique los puntos críticos y dirija la supervisión en función al riesgo potencial. Así, sobre la base de las causas raíz de los accidentes mortales en el proceso de explotación, se identificaron aquellas causas que tienen mayor frecuencia, las que posteriormente fueron agrupadas dentro de cada especialidad.

Por otra parte, las supervisiones realizadas en cada especialidad se llevan a cabo en base a criterios. Uno de ellos es la supervisión prioritaria para aquellas unidades mineras que han presentado mayor cantidad de deficiencias e infracciones como resultado de supervisiones anteriores. Asimismo, para cada especialidad hay criterios específicos. Por ejemplo, en

geomecánica se prioriza la supervisión de aquellas unidades mineras con mayores reportes de desprendimientos de rocas. En geotecnia, tanto la ubicación, como altura y el volumen del depósito del relave, permiten identificar los depósitos de relave de mayor riesgo y así priorizar la supervisión. En el **Gráfico N° 1** se presenta las supervisiones programadas para el periodo 2012-2016.

**Gráfico N° 1**  
**Evolución del número de supervisiones programadas**



Fuente: GSM. Elaboración: GPAE-Osinergmin

Como se ha mencionado anteriormente, las empresas concesionarias que están bajo la supervisión de Osinergmin desde el 2007 son las pertenecientes a la gran y mediana minería, previamente éstas estaban bajo la supervisión del Ministerio de Energía y Minas. Mientras que la pequeña minería y la minería artesanal están bajo la supervisión de los gobiernos regionales.

Finalmente y de manera transversal a la evaluación de impacto que se está realizando en este documento, es importante mencionar -en el marco de la función sancionadora de la institución en el sector minero- que Osinergmin ha incorporado al procedimiento de cálculo de multa, las ganancias ilícitas -vinculadas a los costos evitados y postergados- derivadas de los incumplimientos normativos, intensificando así la severidad de los incentivos económicos para garantizar el cumplimiento.

## Marco Metodológico

Con el objetivo de estimar el cambio en el nivel de riesgo laboral -medido por el número de accidentes mortales sobre el millón de horas hombre trabajada para cada titular minero-atribuible al impacto disuasivo de Osinergmin, se empleó una regresión econométrica en datos

panel<sup>3</sup>, en la cual se cuantificaron los estimadores de Diferencias en Diferencias (DD) para el grupo de titulares mineros<sup>4</sup> bajo el ámbito de supervisión de Osinergmin, utilizando como grupo de control a las empresas mineras supervisadas y fiscalizadas por los gobiernos regionales,<sup>5</sup> para el periodo 2002-2015. El método de DD se ha utilizado porque permite analizar el efecto o impacto de un cambio sobre el sistema. Así, existen observaciones que son afectadas por un cambio o tratamiento y otro grupo de observaciones, llamadas grupo de control, que no están afectadas por este. Con el estimador de DD se compara la diferencia entre la situación anterior y posterior al cambio, entre los grupos de tratamiento y control para obtener el efecto neto. Ver el **Anexo 1** para una explicación técnica de la metodología utilizada.

Por otra parte, como consecuencia de la precisión de las competencias establecidas en la Ley N° 29901, durante el periodo de intervención se registraron dos regímenes de supervisión: 2007-2012 y 2013-2015. En el primer periodo, se registró un limitado impacto disuasivo por parte de la institución debido, principalmente, a restricciones presupuestales vinculadas a la ausencia de aportes por regulación en este sector. El segundo periodo se caracteriza por la implementación de mejoras en la gestión de la supervisión y fiscalización, entre las que destacan las inspecciones especializadas, el incremento de la frecuencia de supervisión y la incorporación de las ganancias ilícitas en la determinación de los incentivos para disuadir incumplimientos normativos en seguridad de la infraestructura por parte de las empresas de la mediana y gran minería.

Una vez que se ha ejecutado el modelo econométrico y se ha obtenido el número de muertes evitadas atribuibles a la supervisión de Osinergmin en el periodo 2007-2015, se utiliza el valor de la vida estadística (VVE) para cuantificar el beneficio derivado de ello. El valor de la vida estadística es un indicador que mide la disposición a pagar de un individuo para reducir el riesgo de fatalidad o de afección grave a la salud (Vásquez, 2006). Así, la incorporación del concepto del valor de la vida estadística, de acuerdo con lo señalado por Viscusi (1993, 2006), es una importante alternativa para la realización de un análisis costo-beneficio asociado a políticas orientadas a reducir los niveles de riesgo.

Finalmente, es relevante mencionar que una de las limitaciones del presente análisis se asocia a la poca disponibilidad de información con respecto a variables que influyen en la reducción del riesgo laboral en minería, tales como las inversiones y capacitaciones relativas en seguridad

---

<sup>3</sup> Este tipo de regresiones econométricas pueden utilizarse cuando se tiene datos repetidos a lo largo del tiempo para una muestra de unidades individuales. Así, para una variable  $Y_{it}$ , se tiene  $i=1...N$  individuos (titulares mineros) observados a lo largo  $t=1...T$  periodos de tiempo (2002-2015).

<sup>4</sup> Debido a la naturaleza de la política de supervisión revisada, se utilizó como unidad de análisis al titular minero y no a la unidad minera, con el objetivo de controlar el efecto *spillover* derivado del efecto disuasivo de las sanciones impuestas a una unidad minera, pero que genera una externalidad directa hacia el resto de unidades que conforman el mismo titular.

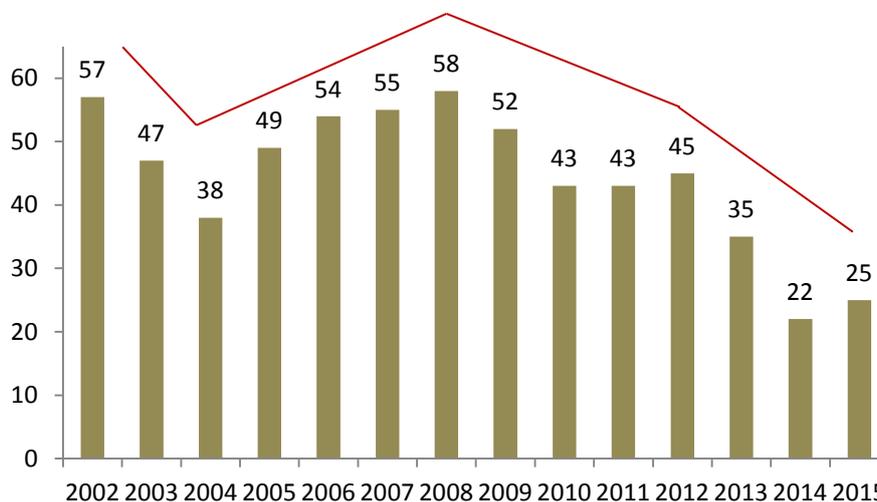
<sup>5</sup> En el marco del proceso de descentralización (Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización, y Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, se transfirieron, progresivamente, las competencias de supervisión y fiscalización de las obligaciones establecidas en la Ley General de Minería hacia los gobiernos regionales.

ejecutadas por los titulares mineros. Por tal motivo, fue necesario incorporar un supuesto adicional vinculado a la independencia condicional de estas variables entre los titulares mineros bajo el ámbito de supervisión y fiscalización de Osinergmin y aquellos bajo el ámbito de los gobiernos regionales<sup>6</sup>. En este sentido, las estimaciones presentadas deberán considerarse como el inicio de una línea de investigación que demandará información específica y confiable para posteriores publicaciones y recomendaciones de políticas públicas en este sector.

## Estimación del Impacto

La adopción de las estrategias de supervisión señaladas ha permitido que el nivel de riesgo laboral en las actividades mineras registre una reducción significativa, generando como consecuencia que se reduzca el número de accidentes mortales durante el periodo analizado. El **Gráfico N° 2** muestra la evolución del número de accidentes mortales de la mediana y gran minería registrados durante el periodo 2002-2015, en donde se observa una reducción de 55 accidentes mortales a 25 entre los años 2007 y 2015. No obstante, es importante señalar que durante el periodo de intervención de Osinergmin, se registró una intensificación de la producción minera (se evidenció un mayor número de horas hombre trabajadas) impulsada por el súper ciclo de los precios de los metales que, por la naturaleza del sector minero, habría intensificado el riesgo de exposición a eventos fortuitos.

**Gráfico N° 2**  
**Evolución del número de accidentes mortales en minería, 2002-2015**



Fuente: MEM. Elaboración: GPAE-Osinergmin

<sup>6</sup> De acuerdo con lo señalado en la revista IIMP (2010), en 2010, solo algunas de las principales empresas mineras contaban con la certificación OHSAS 18001, la cual establece requisitos mínimos vinculados a la gestión de seguridad y salud en el trabajo. Esta información daría un soporte parcial al supuesto de independencia condicional vinculado a las variables no disponibles (inversión y capacitaciones en seguridad).

Como se mencionó líneas arriba, para cuantificar (de manera aproximada) el beneficio generado como consecuencia de la supervisión de Osinergmin, se utiliza el valor de la vida estadística asociado las muertes evitadas durante el periodo analizado.

Por otra parte, para determinar el beneficio neto generado como consecuencia de la supervisión de Osinergmin, se descuenta el gasto anual asignado para la supervisión de las actividades mineras. En el **Cuadro N° 1** se presentan las estimaciones realizadas con el afán de cuantificar los impactos que la política de supervisión ha generado en los últimos años. Se puede observar, en primer lugar, que el ratio beneficio-costo fluctuó entre 2.6 y 7.3 durante el periodo de análisis. Asimismo, durante el periodo 2008-2012, se registró un ratio promedio de 3.6, mientras que para el periodo 2013-2015 (en donde se había implementado completamente el enfoque de supervisión especializada) el promedio fue de 5.3, es decir, el proceso de supervisión de Osinergmin habría generado US\$ 5.3, en promedio, por cada dólar invertido en el periodo mencionado.

**Cuadro N° 1**  
**Evolución de los costos y beneficios atribuibles a Osinergmin**

Año	Horas Hombre (en millones)	Muertes evitadas <sup>\1</sup>	Beneficio (millones US\$) <sup>\3</sup>	Costo de Supervisión (millones US\$)	Beneficio Neto (millones US\$)	Ratio Beneficio/Costo
2008	299.0	35	39.4	15.2 <sup>\4</sup>	24.2	2.6
2009	267.5	32	34.3	9.6	24.7	3.6
2010	304.4	36	41.6	13.8	27.7	3.0
2011	366.9	43	51.4	13.2	38.2	3.9
2012	434.6	51	63.5	13.1	50.5	4.9
2013	424.2	96	115.8	15.9	99.9	7.3
2014	402.9	91	104.7	21.7	83.0	4.8
2015	394.6	89	91.3	23.4	67.9	3.9
<b>Total (millones US\$ al 2015) <sup>\2</sup></b>			<b>796</b>	<b>196</b>	<b>600</b>	<b>4.1</b>

Notas:

\1 Número de muertes evitadas en la gran y mediana minería.

\2 Se utilizó una tasa social de descuento del 14.01% en dólares (Tamayo et al., 2014).

\3 Se utilizó un valor de la vida estadística de S/ 3.27 millones.

\4 Incorpora los costos de supervisión realizados durante 2007.

Fuentes: Gerencia de Supervisión Minera, Gerencia de Planeamiento-Osinergmin. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## Conclusiones

En base a la información disponible, se estimó que el beneficio neto atribuible a Osinergmin por el procedimiento de supervisión de las actividades mineras para el periodo 2008-2015 sería de US\$ 600 millones, a valores de 2015, generando un importante incremento en el bienestar de la sociedad. Este valor refleja la valorización económica de las vidas salvadas como consecuencia de la política regulatoria.

Aunque los resultados obtenidos son dependientes de la disponibilidad de información, éstos evidencian la mejor gestión de la supervisión de las actividades mineras. Así, en la medida en que se pueda contar con información importante como los gastos en seguridad de las empresas mineras, las medidas de gestión en salud y seguridad, entre otras, nuevas estimaciones podrán aislar más certeramente el impacto neto de las acciones de supervisión de Osinergmin en el sector.

Los impactos positivos encontrados en el análisis descrito anteriormente, deben reforzarse mediante la promulgación de políticas que incentiven el perfeccionamiento de los procesos de supervisión y garanticen los beneficios positivos a largo plazo. En este sentido, es necesario considerar dos elementos fundamentales que han contribuido a la consecución de dichos beneficios.

En primer lugar, la implementación del principio de la autonomía del regulador dentro del diseño institucional en el sector minería después de las reformas económicas que se iniciaron en la década de los 90. Este elemento ha sido fundamental en tanto ha permitido generar los incentivos correctos hacia los agentes regulados respecto a la seguridad industrial en las actividades mineras. La autonomía ha permitido que la regulación gane legitimidad puesto que no se expone al manejo político o coyuntural de las políticas de regulación. El segundo elemento, el tecnicismo de sus acciones, permite que los agentes regulados perciban que las acciones, supervisiones o fiscalizaciones están debidamente sustentadas de acuerdo a las mejores prácticas del sector.

En este sentido, Osinergmin decidió adherirse a la metodología de Análisis de Impacto Regulatorio fomentado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). En consecuencia, este Documento se encuentra en línea con lo recomendado por la OCDE en relación al cierre del ciclo de la gobernanza regulatoria a través de la realización de una sistemática evaluación ex post de las políticas regulatorias,<sup>7</sup> habiendo demostrado que se ha logrado un importante beneficio derivado de la implementación progresiva de la política de supervisión de las actividades del sector minero en el Perú.

---

<sup>7</sup> Para mayores detalles, ver OECD (2015) *Regulatory Policy Outlook*, Capítulo 5. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238770-en> Como menciona la OCDE: "La evaluación de políticas se ha convertido en una práctica institucionalizada en el siglo XX y la política regulatoria no es la excepción. Sin embargo, la evaluación de regulaciones es principalmente hecha ex ante a través del Análisis de Impacto Regulatorio (RIA), mientras que la evaluación ex post permanece como la herramienta regulatoria menos desarrollada. Las prácticas de países específicos son esporádicas en este campo. No obstante, es posible obtener lecciones importantes de la aplicación de la evaluación ex post en un número de jurisdicciones y proveer oportunidades promisorias para mejorar la calidad regulatoria..." (traducción propia). En este sentido, la evaluación ex post realizada en este Documento contribuye a cerrar esta brecha en el conocimiento sobre los impactos ex post de las políticas regulatorias identificada por la OCDE. Este Documento permite cerrar el ciclo de la buena gobernanza regulatoria (mediante la metodología propuesta por la OCDE) para el procedimiento de supervisión y fiscalización de las actividades mineras en el Perú.

## Anexo N° 1: Método de Diferencias en Diferencias

El proceso generador de datos asumido para la variable de análisis (muertes sobre millón de horas hombre trabajadas), estará representada por la siguiente expresión:

$$y_{it} = a + \alpha C_{it} + \beta I_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad \forall i = 1, \dots, N \quad [A.1]$$

donde,

$y_{it}$  : Representa el número de muertes por millón de horas-hombre de la empresa  $i$  en el periodo  $t$ ,

$C_{it}$  : El número de capacitaciones certificadas en seguridad hacia los trabajadores de la empresa  $i$  en el periodo  $t$ ,

$I_{it}$  : Inversión en infraestructura e implementos de seguridad de la empresa  $i$  en el periodo  $t$ ,

$\mu_i$  : Componente no observable vinculado a la capacidad de gestión de riesgos y la predisposición a la seguridad de los trabajadores de la empresa  $i$ ,

$\varepsilon_{it}$  : Error idiosincrático de la empresa  $i$  en el periodo  $t$ .

Por otra parte, de acuerdo a la naturaleza de la política evaluada, el mecanismo de transmisión del efecto disuasivo del procedimiento de supervisión y fiscalización en seguridad sería a través de los impactos generados sobre el nivel capacitaciones certificadas en seguridad y sobre el nivel de inversiones en seguridad para cada empresa analizada. En tal sentido, las expresiones [A.2] y [A.3] representan los procesos generadores de datos asumidos para los regresores que materializan el efecto disuasivo de la política de supervisión de Osinergmin:

$$C_{it} = b + \delta_1 T_{it} + \theta Z_{it} + \varepsilon_{C_{it}}, \quad [A.2]$$

$$I_{it} = c + \delta_2 T_{it} + \gamma W_{it} + \varepsilon_{I_{it}}, \quad [A.3]$$

donde  $T_{it}$  es variable dicotómica que toma el valor de 1 a partir del año de inicio del proceso de supervisión y fiscalización para el grupo de empresas en el marco de las competencias de Osinergmin y 0 en caso contrario,  $Z_{it}$  y  $W_{it}$  representan los vectores de las variables que determinan la calidad y frecuencia del número de capacitaciones certificadas a implementar y el nivel de inversión en seguridad necesarias para el cumplimiento de la normativa, respectivamente; finalmente  $\varepsilon_{C_{it}}$  y  $\varepsilon_{I_{it}}$  representan los errores idiosincráticos.

No obstante, debido a que no se dispone de información de las variables  $I_{it}$  y  $C_{it}$ , el modelo estimado estará representado por la siguiente expresión:

$$y_{it} = a + \alpha[b + \delta_1 T_t + \theta Z_{it} + \varepsilon_{C_{it}}] + \beta[c + \delta_2 T_t + \gamma W_{it} + \varepsilon_{I_{it}}] + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad [A.4]$$

$$y_{it} = d + [\theta]T_t + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad [A.5]$$

donde  $\varepsilon_{it} = \alpha[\theta Z_{it} + \varepsilon_{C_{it}}] + \beta[\gamma W_{it} + \varepsilon_{I_{it}}] + \varepsilon_{it}$ ,  $d = a + \alpha b + \beta c$  y  $\theta = \alpha \delta_1 + \beta \delta_2$ . Por lo tanto, el estimador de interés  $\hat{\theta}$  capturaría los efectos disuasivos que la política analizada habría generado sobre las variables de capacitaciones y nivel de inversiones en seguridad y estas sobre la medida de riesgo medida a través del número de muertes por millón de horas hombre trabajadas.

Partiendo del marco metodológico propuesto por Rubin (1974), los resultados potenciales de la medida de riesgo analizada en dos periodos de tiempo distintos estarán representados por las siguientes expresiones:

$$\begin{cases} t = 1 : y_{i1} = \pi_1 + \theta T_{i1} + \mu_i + \varepsilon_{i1} \\ t = 0 : y_{i0} = \pi_0 + \theta T_{i0} + \mu_i + \varepsilon_{i0} \\ T_{i0} = 0 \end{cases} \quad [A.6]$$

Diferenciando las expresiones, tenemos:

$$\Delta y_i = \pi + [\theta]T_{i1} + \Delta \varepsilon_i. \quad [A.7]$$

Esta transformación permite eliminar la variable no observable que generaría sesgo e inconsistencia en la estimación del parámetro de interés ( $\hat{\theta}$ ). Por otra parte, es importante señalar que, con el objetivo de controlar la diferencia del tamaño de producción entre las empresas supervisadas por Osinergmin, de aquellas supervisadas por los gobiernos regionales, se relativizó el número de muertes de cada empresa por una variable que aproxima el tamaño de producción de la empresa: cantidad de horas-hombre trabajadas. No obstante, es importante señalar que debido a la indisponibilidad de información de las variables  $I_{it}$  y  $C_{it}$  no se pudo realizar las pruebas de hipótesis necesarias para validar el supuesto de independencia condicional de las variables observables que pudiesen haber sido diferentes entre los grupos de análisis y que tendrían efectos sobre la medida de riesgo.

La representación vectorial se puede observar en la siguiente expresión:

$$\Delta y_i = [1 \ T_{i1}] \begin{bmatrix} \pi \\ \theta \end{bmatrix} + \Delta \varepsilon_i. \quad [A.8]$$

Aplicando esta transformación de la variable para el resto de agentes en la muestra y aplicando el método de estimación de mínimos cuadrados ordinarios tendríamos:

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \left[ \begin{pmatrix} 1' \\ T_1' \end{pmatrix} (1 \ T_1) \right]^{-1} \begin{pmatrix} 1' \\ T_1' \end{pmatrix} \Delta y, \quad [A.9]$$

donde  $\mathbf{1}$  representa un vector columna unitario cuya dimensión es de  $1 \times N_T$ ,  $T_1$  representa otro vector columna de ceros y unos condicionado a si forma parte del grupo de empresas bajo la supervisión de Osinergmin o no; y  $\Delta y$  representa el vector de la diferencia de los resultados potenciales para cada agente analizado. Re-expresando [A.9] tenemos:

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \begin{bmatrix} \mathbf{1}'\mathbf{1} & \mathbf{1}'T_1 \\ T_1'\mathbf{1} & T_1'T_1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{1}' \\ T_1' \end{pmatrix} \Delta y, \quad [A.10]$$

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \begin{bmatrix} N & N_S \\ N_S & N_S \end{bmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} \\ N_S \\ \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \end{pmatrix} = \frac{1}{N_S(N_{NS})} \begin{bmatrix} N_S & -N_S \\ -N_S & N_T \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} \\ N_S \\ \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \end{pmatrix}, \quad [A.11]$$

donde  $N_T$  representa el total de agentes analizados en la muestra,  $N_S$  representa el número de agentes que fueron supervisados y fiscalizados por Osinergmin, por tanto,  $N_{NS}$  representa al resto de agentes no supervisados por Osinergmin:  $N_{NS} = N_T - N_S$ .

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \frac{1}{N_S(N_{NS})} \begin{pmatrix} N_S \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} - N_S \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \\ -N_S \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} + N_S \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \end{pmatrix}, \quad [A.12]$$

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \frac{1}{N_S(N_{NS})} \begin{pmatrix} N_S \sum_{i=1}^{N_{NS}} \Delta y_{i1} \\ -N_S \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} + N_S \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \end{pmatrix}, \quad [A.13]$$

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \frac{1}{N_S(N_{NS})} \begin{pmatrix} N_S \sum_{i=1}^{N_{NS}} \Delta y_{i1} \\ -N_S \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} + N_S \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} + N_{NS} \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \end{pmatrix}, \quad [A.14]$$

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \begin{pmatrix} \frac{1}{N_{NS}} \sum_{i=1}^{N_{NS}} \Delta y_{i1} \\ -\frac{1}{N_{NS}} \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} + \frac{1}{N_{NS}} \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} + \frac{1}{N_S} \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \end{pmatrix}, \quad [A.15]$$

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \begin{pmatrix} \frac{1}{N_{NS}} \sum_{i=1}^{N_{NS}} \Delta y_{i1} \\ -\frac{1}{N_{NS}} \left[ \sum_{i=1}^{N_T} \Delta y_{i1} - \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \right] + \frac{1}{N_S} \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} \end{pmatrix}, \quad [A.16]$$

$$\begin{pmatrix} \hat{\pi} \\ \hat{\theta} \end{pmatrix}_{ols} = \begin{pmatrix} \frac{1}{N_{NS}} \sum_{i=1}^{N_{NS}} \Delta y_{i1} \\ \frac{1}{N_S} \sum_{i=1}^{N_S} \Delta y_{i1} - \frac{1}{N_{NS}} \sum_{i=1}^{N_{NS}} \Delta y_{i1} \end{pmatrix}. \quad [A.17]$$

Por tanto, el estimador de mínimos cuadrados ordinarios sobre la transformación de la variable de interés, generará el estimador de diferencias en diferencias:

$$\hat{\theta}_{ols} = [\bar{y}_{i1} - \bar{y}_{i0}]_{Supervisados} - [\bar{y}_{i1} - \bar{y}_{i0}]_{No\ Supervisados}.$$

## Referencias

Angrist, J. y J. Pischke (2009). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton: Princeton University Press.

Dammet, A. y F. Molinelli (2007). *Panorama de la minería en el Perú* (1<sup>era</sup> ed.). Lima: Osinergmin. Disponible en

[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Libro Panorama de la Minería en el Peru.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf) (último acceso: 16/01/2017).

OCDE (2015). *OECD Regulatory Policy Outlook*. Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico. París: OECD Publishing. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238770-en>

Osinergmin (2016). *Guía de Política Regulatoria N°1: Guía Metodológica para la realización de Análisis de Impacto Regulatorio en Osinergmin*. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Gerencia de Políticas y Análisis Económico. Lima, Perú Disponible en [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/RIA/Guia-Politica-Regulatoria-N-1.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/RIA/Guia-Politica-Regulatoria-N-1.pdf)

Rubin, D. (1974). "Estimating causal effects of treatments in randomized and non-randomized studies". *Journal of Educational Psychology*, 66, 688–701.

Tamayo, Jesús; Salvador, Julio; Vásquez Cordano, Arturo y Carlo Vilches (editores) (2016). *La Industria de la Electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima: Osinergmin.

Tamayo, Jesús; Salvador, Julio; Vásquez Cordano, Arturo y Ricardo de la Cruz (editores) (2015). *La Industria de los Hidrocarburos Líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país*. Lima: Osinergmin.

Tamayo, Jesús; Salvador, Julio; Vásquez Cordano, Arturo y Víctor Zurita (editores) (2017). *La Industria de la Minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país*. Lima: Osinergmin.

Vásquez, A. (2006). *El valor de la vida estadística y sus aplicaciones a la fiscalización de la industria de hidrocarburos*. Documento de Trabajo N° 18, Oficina de Estudios Económicos, Osinergmin

Vásquez, Arturo y José Gallardo (2006). *Sistemas de Supervisión y Esquemas de Sanciones para el Sector Hidrocarburos*. Documento de Trabajo N° 10. Oficina de Estudios Económicos, Osinergmin. Lima, Perú. Disponible en:

[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Documentos de Trabajo/Documento de Trabajo 10.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Documentos_de_Trabajo/Documento_de_Trabajo_10.pdf)

Wooldridge, Jeffrey (2010) *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, 2nd ed.  
Cambridge MA: MIT Press.

**Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin**

**Gerencia de Políticas y Análisis Económico – GPAE**

**Documento de Evaluación de Políticas N° 005-2017**

**Evaluación Ex Post del Impacto de la Supervisión de las Actividades Mineras en el Perú**

**Alta Dirección**

Jesús Tamayo Pacheco

Presidente del Consejo Directivo

Julio Salvador Jácome

Gerente General

**Equipo de Trabajo de la GPAE que preparó el Reporte**

Arturo L. Vásquez Cordano

Gerente de Políticas y Análisis Económico

Carlos R. Salazar Rios

Especialista en Econometría

Víctor R. Zurita Saldaña

Especialista de Minería

Merry Romero Córdova

Asistente Económico

El contenido de esta publicación podrá ser reproducido total o parcialmente con autorización de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin. Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información. Todo el material presentado en este reporte es propiedad del Osinergmin, a menos que se indique lo contrario.

Citar el documento como: Vásquez, A.; Salazar, C.; Zurita, V. y M. Romero (2017). *Evaluación Ex Post del Impacto de la Supervisión de las Actividades Mineras en el Perú*. Documento de Evaluación de Políticas N° 005-2017. Gerencia de Políticas y Análisis Económico, Osinergmin – Perú.

Osinergmin no se identifica, necesariamente, ni se hace responsable de las opiniones vertidas en el presente documento. Las ideas expuestas en los artículos del reporte pertenecen a sus autores. La información contenida en el presente reporte se considera proveniente de fuentes confiables, pero Osinergmin no garantiza su completitud ni su exactitud. Las opiniones y estimados representan el juicio de los autores dada la información disponible y están sujetos a modificación sin previo aviso. La evolución pasada no es necesariamente indicador de resultados futuros. Este reporte no se debe utilizar para tomar decisiones de inversión en activos financieros.