UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO | Derecho
Facultad de Derecho

Decisiones automatizadas y responsabilidad administrativa en la gestión ambiental minera peruana

Trabajo de Suficiencia Profesional
presentado para optar al Título Profesional de
Abogado

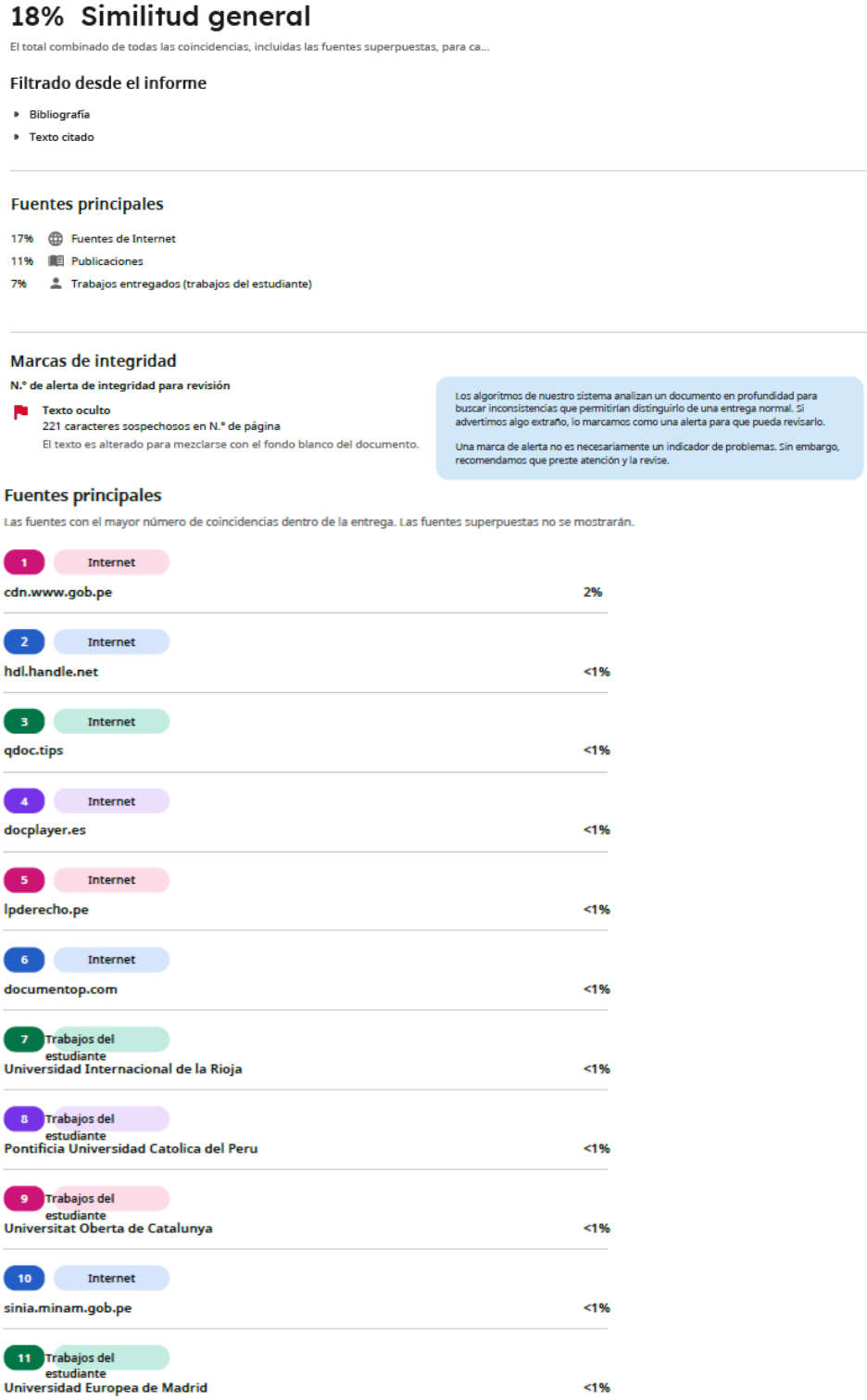
Presentado por
Alejandro Jorge Muñiz Chvedine

Asesora: Milagros Libertad Granados Mandujano
0000-0002-4702-0418

Lima, julio 2026

REPORTE DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA ANTIPLAGIO
FACULTAD DE DERECHO

A través del presente documento la Facultad de Derecho deja constancia de que el Trabajo de Suficiencia Profesional "Decisiones automatizadas y responsabilidad administrativa en la gestión ambiental minera peruana" presentada por el Sr. Alejandro Jorge Muñiz Chvedine, con DNI 73858557, para optar el Título Profesional de Abogado, fue sometido al análisis del sistema antiplagio Turnitin el 7 de julio del año 2026; obteniendo el siguiente resultado:



18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

Fuentes principales

17% Fuentes de Internet
11% Publicaciones
7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alerta de integridad para revisión

Texto oculto
221 caracteres sospechosos en N.° de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	cdn.www.gob.pe — 2%
2	Internet	hdl.handle.net — <1%
3	Internet	qdoc.tips — <1%
4	Internet	docplayer.es — <1%
5	Internet	lpderecho.pe — <1%
6	Internet	documentop.com — <1%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Internacional de la Rioja — <1%
8	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru — <1%
9	Trabajos del estudiante	Universitat Oberta de Catalunya — <1%
10	Internet	sinia.minam.gob.pe — <1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Europea de Madrid — <1%

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3605846244

Fecha de entrega
3 jul 2026, 6:38 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
7 jul 2026, 8:57 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_-_AJM_-_Versión_Final.pdf

Tamaño del archivo
625.9 KB

65 páginas

22.158 palabras

135.012 caracteres

De acuerdo con la política vigente, el porcentaje obtenido de similitud con otras fuentes está dentro de los márgenes permitidos.

Se emite el presente documento para los fines estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad al que pertenece el interesado.

Lima, 7 de julio de 2026



Milagros Libertad Granados Mandujano
Asesora
ORCID: 0000-0002-4702-0418

RESUMEN

Este trabajo analiza qué modificaciones normativas requiere el régimen peruano de fiscalización ambiental minera para regular adecuadamente el uso de sistemas de inteligencia artificial en los procesos de monitoreo ambiental del titular minero, partiendo de la premisa de que el principio de responsabilidad objetiva no se altera por la intervención de estas herramientas tecnológicas. Para ello, se desarrolla un análisis del marco normativo vigente (Ley N.º 28611, Ley N.º 29325, D.S. N.º 040-2014-EM, Ley N.º 31814, y Decreto Supremo N.º 115-2025-PCM), se examina la jurisprudencia del Tribunal de Fiscalización Ambiental del OEFA en casos emblemáticos donde intervinieron sistemas o hubo fallas de monitoreo, y se contrastan las obligaciones jurídicas que el Reglamento (UE) 2024/1689, la Directive on Automated Decision-Making de Canadá y el régimen de fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente de Chile establecen para sistemas automatizados en sectores regulados, a partir de lo cual se formulan propuestas de modificación normativa fundamentadas en derecho comparado.

Los resultados muestran que: (i) la responsabilidad administrativa ambiental del titular minero no se modifica por el uso de sistemas de inteligencia artificial, al igual que no se modifica cuando intervienen otros proveedores, contratistas o herramientas tecnológicas; (ii) el marco normativo vigente tiene tres deficiencias normativas concretas que comprometen la eficacia de la fiscalización: la ausencia de una obligación de trazabilidad algorítmica en el artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM, la ausencia de una mención expresa, en la Ley N.º 29325, de la facultad del OEFA para requerir la documentación técnica de los sistemas de IA, y la inexistencia de criterios de supervisión humana en el procedimiento sancionador de la Resolución del Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD, deficiencia que también podría atenderse mediante una resolución que establezca un protocolo específico para el supuesto de uso de herramientas de inteligencia artificial; y (iii) el derecho comparado, en particular los artículos 11, 12, 13, 14, 26 y 72 del Reglamento europeo de IA y la Directive canadiense, ofrece obligaciones jurídicas concretas que pueden adaptarse al ordenamiento peruano sin alterar el régimen de responsabilidad objetiva. Sobre esta base, se proponen tres modificaciones normativas específicas orientadas a garantizar que la fiscalización ambiental minera conserve su eficacia frente a procesos de monitoreo intermediados por decisiones automatizadas.

ABSTRACT

This paper examines what regulatory amendments Peru's environmental mining oversight framework requires to adequately address the use of artificial intelligence systems in the environmental monitoring processes of mining concession holders, on the premise that the strict liability principle is not altered by the intervention of such technological tools. To that end, it develops an analysis of the current legal framework (Law N.° 28611, Law N.° 29325, Supreme Decree N.° 040-2014-EM, Law N.° 31814 and Supreme Decree N.° 115-2025-PCM), reviews the case law of the OEFA's Environmental Enforcement Tribunal in landmark cases involving monitoring systems or monitoring failures, and contrasts the legal obligations established by the European AI Regulation (Regulation (EU) 2024/1689), Canada's Directive on Automated Decision-Making, and the regulatory frameworks of Chile's Superintendence of the Environment oversight regime, based on which it formulates proposals for regulatory reform grounded in comparative law.

The findings show that: (i) the mining concession holder's administrative environmental liability is not altered by the use of AI systems, just as it is not altered when other suppliers, contractors or technological tools are involved; (ii) the current regulatory framework contains three specific legal deficiencies that undermine the effectiveness of environmental oversight: the absence of an algorithmic traceability obligation in Article 18 of Supreme Decree N.° 040-2014-EM, the absence of an express mention, in Law N.° 29325, of OEFA's power to require technical documentation of AI systems, and the absence of human oversight criteria in the sanctioning procedure of Board Resolution N.° 027-2017-OEFA/CD, a gap that could also be addressed through a resolution establishing a specific protocol for the use of AI tools; and (iii) comparative law, in particular Articles 11, 12, 13, 14, 26, and 72 of the European AI Regulation and Canada's Directive, provides concrete legal obligations that can be adapted to Peruvian law without altering the strict liability regime. On this basis, three specific regulatory amendments are proposed to ensure that environmental mining oversight remains effective when monitoring processes are mediated by automated decisions.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 7

1.1. CONTEXTO GENERAL 7
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 8
1.3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS 11
1.4. HIPÓTESIS 12
1.5. MARCO METODOLÓGICO 12

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL 13

2.1. RESPONSABILIDAD ADMINISTRATIVA AMBIENTAL 13
2.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y DECISIONES AUTOMATIZADAS 15
2.3. SUPERVISIÓN HUMANA SIGNIFICATIVA 17
2.4. TRAZABILIDAD ALGORÍTMICA 19
2.5. PASIVOS ALGORÍTMICOS EN MINERÍA 24

CAPÍTULO III: MARCO NORMATIVO Y ANÁLISIS JURÍDICO 25

3.1. RÉGIMEN AMBIENTAL Y MINERO APLICABLE 25
3.1.1. Instrumentos de gestión ambiental: clasificación general 25
3.1.2. Instrumentos de gestión ambiental en el sector minero 25
3.1.3. Competencias y funciones del OEFA 26
3.2. LA RESPONSABILIDAD OBJETIVA EN MINERÍA 27
3.3. LEY DE IA (LEY N.º 31814) Y SU REGLAMENTO (D.S. N.º 115-2025-PCM): IMPACTO EN MINERÍA 28
3.4. DEFICIENCIAS REGULATORIAS EN FISCALIZACIÓN DE DECISIONES AUTOMATIZADAS 30
3.5. JURISPRUDENCIA DEL TRIBUNAL DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL DEL OEFA 31
3.5.1. Caso Antamina (Resolución Directoral N.º 262-2013-OEFA/DFSAI) 31
3.5.2. Caso Gold Fields Cerro Corona (Resolución N.º 186-2022-OEFA/TFA-SE) 32
3.6. ANÁLISIS COMPARADO INTERNACIONAL 33
3.6.1. Unión Europea: Reglamento (UE) 2024/1689 33
3.6.2. Canadá: Directive on Automated Decision-Making 37
3.6.3. Chile: régimen de fiscalización ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente 39
3.6.4. Síntesis comparada 40

CAPÍTULO IV: PROPUESTA NORMATIVA 41

4.1. INTEGRACIÓN NORMATIVA IA-MINERÍA 42
4.2. ANÁLISIS CONSTITUCIONAL DE LAS PROPUESTAS 43
4.2.1. Reserva de ley y potestad reglamentaria 43
4.2.2. Principio de proporcionalidad 43
4.2.3. Libertad de empresa 44
4.3. OBLIGACIONES DEL DERECHO COMPARADO APLICABLES AL CASO PERUANO 44

4.4. Trazabilidad y auditoría algorítmica: modificación del artículo 18 del D.S. N.º 040-2014-EM 45
4.5. Precisión del alcance de las facultades de supervisión y fiscalización del OEFA 47
4.6. Criterios de supervisión humana en la graduación de la sanción 48
4.7. Cinco obligaciones legales mínimas para el uso de IA en monitoreo ambiental minero 49
4.7.1. Obligación primera: declaración previa del uso de IA ante el OEFA 50
4.7.2. Obligación segunda: conservación de registros algorítmicos 50
4.7.3. Obligación tercera: documentación técnica del sistema 50
4.7.4. Obligación cuarta: designación formal de responsable de supervisión algorítmica 51
4.7.5. Obligación quinta: notificación de cambios sustanciales del sistema 51
4.8. Escenarios de aplicación práctica 52
4.8.1. Escenario uno: caso Antamina con sistema de IA 52
4.8.2. Escenario dos: caso Gold Fields con supervisión humana documentada 52
4.9. Síntesis de la propuesta 53
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 54
5.1. Conclusiones 54
5.2. Recomendaciones 57
5.2.1. Recomendaciones al Ministerio de Energía y Minas 57
5.2.2. Recomendaciones al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental 57
5.2.3. Recomendaciones a la Presidencia del Consejo de Ministros 57
5.2.4. Recomendaciones a los titulares mineros 58
5.2.5. Recomendaciones para investigación futura 58
REFERENCIAS 59
ANEXO A 63

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto general

La minería en el Perú es una actividad crucial para la economía. De hecho, según el Instituto Nacional de Estadística, esta representa más del diez por ciento del Producto Bruto Interno y aproximadamente sesenta por ciento del valor total de las exportaciones del país (INEI, 2023; BCRP, 2023). En el ámbito internacional minero, Perú es actualmente el tercer productor mundial de cobre, el segundo de zinc y se encuentra entre los principales productores de plata y oro.

Al ser una actividad extractiva de recursos naturales, existe un constante riesgo de que dicha actividad pueda generar impactos. Solamente entre los años 2014 y 2023 los datos de las infracciones ambientales del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) muestran que cerca de la mitad de las infracciones ambientales sancionadas estuvieron relacionadas precisamente con fallas en el monitoreo: problemas en el monitoreo del agua, control de relaves y el cumplimiento de los compromisos asumidos en el instrumento de gestión ambiental aprobado. La conducta con mayor número de infracciones entre 2019 y 2022 fue el incumplimiento referido al monitoreo ambiental y esto resalta la problemática en los sistemas de vigilancia en las actividades mineras (OEFA, s.f.).

A la problemática antes mencionada se le suma una transformación tecnológica que se encuentra en curso. En el Perú, el setenta y seis por ciento de los funcionarios principales de las empresas mineras encuestadas declararon la importancia de utilizar algún componente de inteligencia artificial en sus operaciones en los próximos tres años (Alvia, 2025). Una de las plataformas de inteligencia artificial más utilizadas por el sector minero peruano es ABB Ability Genix, que concentra analítica avanzada de datos, algoritmo de aprendizaje automático y módulos aplicables a distintos procesos para la gestión de activos críticos (Revista Minería, s.f.). La Compañía Minera Antamina, por ejemplo, automatizó el monitoreo de parámetros físicos en sus puntos de descarga, permitiéndole así verificar el cumplimiento de forma remota y en línea con alertas tempranas ante eventuales incidentes en la calidad del agua (Antamina, 2021). Adicionalmente, Anglo American opera en Quellaveco un Centro Integrado de Operaciones que procesa datos provenientes de los sensores instalados en toda la cadena productiva, incluidas las mediciones de medio ambiente, y aplica inteligencia predictiva para anticipar eventos (Anglo American Perú, s.f.). Estas tecnologías se proyectan también sobre la

gestión del drenaje ácido de mina, donde los sensores IoT habilitan el monitoreo en tiempo real de parámetros como el pH, la conductividad y la concentración de metales, utilizando, además de esto, herramientas basadas en inteligencia artificial para modelar su generación y optimizar las estrategias de mitigación (Inspenet, 2025).

La pregunta que surge de la rápida transformación en el sector es directa: cuando el monitoreo deja de depender exclusivamente de una técnica que incluye a una persona encargada de tomar la muestra y leer su instrumento, y pasa a estar mediado por un algoritmo que contiene una lógica interna que puede ser poco clara incluso para sus desarrolladores, ¿está preparado el marco normativo peruano de fiscalización ambiental para supervisar este nuevo escenario? Este trabajo busca responder esa pregunta.

1.2. Planteamiento del problema

Conviene partir de un escenario para poder entender el problema que aborda este trabajo.

Imaginemos que una empresa minera que se encuentra en operación utiliza un sistema de inteligencia artificial en su procesamiento de datos provenientes de sus efluentes industriales. Este sistema recibe en tiempo real los datos de los sensores instalados en los puntos de descarga, se encarga de procesarlos, y genera los reportes que la empresa remite al OEFA periódicamente. Un día, una distorsión en la lógica del modelo causa que el sistema sub-reporte de forma sistemática la concentración de un metal pesado durante seis meses. Los reportes que llegan al OEFA muestran valores dentro de los parámetros permitidos. La fiscalización rutinaria no detecta nada fuera de lo común. Solo una vez que ocurre la inspección presencial y se extrae una muestra y la analiza un laboratorio independiente, el problema se hace visible. En este punto, los efluentes han excedido los límites máximos permisibles durante meses, con un impacto ambiental acumulado e importante.

Es importante resaltar específicamente lo que está haciendo el sistema de inteligencia artificial en este escenario, dado que es en este punto específicamente donde se encuentra la diferencia con el monitoreo tradicional. Un sistema algorítmico de monitoreo ambiental no genera un dato a partir de un solo cálculo. Este opera a través de una cadena de decisiones automatizadas que ocurren en cascada. El modelo es el que decide cuáles lecturas de los sensores son válidas y cuáles son consideradas atípicas y descartadas. Decide cuándo recalibrar el instrumento en función de los patrones detectados. Decide qué umbral aplicar para identificar

una anomalía y, por lo tanto, qué evento merece elevarse a alerta y cuál no. Decide de qué forma agregar y ponderar mediciones múltiples. Decide qué valores incluir en el reporte regulatorio y cuáles archivar. Cada una de estas decisiones es una elección hecha por el desarrollador del modelo y refinada con datos de entrenamiento; en su operación habitual, sin embargo, ocurre sin intervención humana directa.

Esta cadena de decisiones introduce dos diferencias importantes con respecto al monitoreo convencional. La primera es la opacidad. Cuando un técnico humano descarta una lectura por considerarla anómala, su criterio queda escrito en la bitácora de campo y el OEFA puede preguntarle por qué lo hizo. Cuando un modelo algorítmico descarta esa misma lectura, la decisión se encuentra basada en parámetros internos que no son visibles ni siquiera para el operador de la planta. La segunda es el efecto compuesto. Una pequeña distorsión en la lógica de detección, multiplicada por miles de mediciones diarias durante meses, produce un sesgo sistemático que ningún punto individual del flujo de datos puede evidenciar, pero altera completamente el resultado agregado. La falla no se manifiesta como un error visible: se manifiesta como un aparente cumplimiento.

Esta diferencia es la que convierte un problema tecnológico/técnico en un problema jurídico. La falla de un instrumento de medición en general es un evento puntual que se puede detectar con una inspección presencial del proveedor o de los mismos trabajadores. Una falla algorítmica puede ser un sesgo sistemático y silencioso que no se manifiesta hasta que el daño ha ocurrido. En este sentido, lo central no es solo la atribución de la responsabilidad cuando la falla se descubre, sino asegurar, antes de que se descubra, que las decisiones automatizadas dejen huella documental verificable en el tiempo.

Cuando esto sucede, la pregunta inmediata no es si la empresa es responsable. Lo es. El artículo 18 de la Ley N.º 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, establece que el titular minero responde objetivamente por el incumplimiento de las obligaciones derivadas de los instrumentos de gestión y las normas ambientales, esto es, sin necesidad de probar dolo o negligencia. Una vez verificado el incumplimiento, la responsabilidad queda configurada a no ser que el administrado acredite alguna de las eximentes taxativas del régimen sancionador, como el caso fortuito o fuerza mayor. La lógica es la misma que opera con cualquier otro medio del que se vale el titular: su responsabilidad no es transferible al laboratorio externo que contrata ni al equipo de medición que falla, y

tampoco se transfiere el algoritmo que procesa sus datos. La inteligencia artificial es un medio en la cadena de cumplimiento, no un sujeto de responsabilidad.

El problema jurídico real es otro. Cuando la falla ocurre, ¿tiene el OEFA las herramientas necesarias para investigarla? ¿Puede acceder al modelo algorítmico que generó los reportes? ¿Puede identificar cuál de las decisiones automatizadas en la cadena introdujo el sesgo? ¿Sabe la empresa cuándo y cómo el sistema falló? ¿Existen registros que permitan reconstruir lo sucedido? La respuesta, hoy, es negativa. La razón de esto es que el marco normativo vigente fue diseñado para un mundo donde el monitoreo lo hacían personas con instrumentos. Nada en el régimen actual obliga al titular a documentar la lógica de funcionamiento de sus algoritmos, a conservar registros de sus decisiones automatizadas o a someter sus sistemas de inteligencia artificial a algún estándar de supervisión humana mínima.

Son tres puntos específicos del marco normativo en los que se concreta esta necesidad de precisión normativa. El primero está en el Reglamento ambiental minero (Decreto Supremo N.º 040-2014-EM), cuyo artículo 18 obliga al titular al monitoreo permanente y a la puesta a disposición de la documentación a las autoridades, pero no menciona los registros del algoritmo que procesa los datos ambientales. El segundo está en la ley que regula al OEFA (Ley N.º 29325), que no menciona de manera específica la facultad de requerir documentación técnica de sistemas de inteligencia artificial. Si bien sus facultades de supervisión y fiscalización ya son lo suficientemente amplias para sustentar dicho requerimiento en la actualidad, una mención expresa en este ámbito reforzaría la seguridad jurídica del ejercicio de dicha facultad. El tercero está en el reglamento del procedimiento sancionador del OEFA (Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD), que no diferencia entre el titular que opera sus sistemas algorítmicos con supervisión humana documentada y aquel que los opera sin ningún control.

Las consecuencias prácticas de esta deficiencia son tres. La primera es que el OEFA enfrenta dificultades serias para poder reconstruir lo ocurrido cuando alguno de estos sistemas falla, porque aun cuando sus facultades de supervisión le permiten requerir toda la información que sea necesaria para verificar el cumplimiento de las obligaciones (Resolución del Consejo Directivo N.º 00019-2025-OEFA/CD, Reglamento de Supervisión, artículo 6), no existen obligaciones de trazabilidad que aseguren la conservación de los registros técnicos del modelo ni de la cadena de decisiones automatizadas. La segunda es que los datos que llegan al regulador pueden ser técnicamente imposibles de rastrear, por más que cumplan con todas las

formalidades. La tercera es que el régimen sancionador trata por igual al titular diligente y al titular poco transparente, lo que desincentiva económicamente la inversión en buenas prácticas de gobernanza algorítmica.

La pregunta de investigación que guía este trabajo en consecuencia es la siguiente: ¿qué modificaciones normativas requiere el régimen de fiscalización ambiental minero peruano para que la fiscalización siga siendo efectiva cuando los procesos de monitoreo están mediados por decisiones automatizadas, sin alterar el principio de responsabilidad objetiva del titular minero?

1.3. Justificación y objetivos

Este trabajo se justifica en la evidente deficiencia normativa que enfrentan los reguladores a nivel internacional y que en el Perú se empezará a ver de manera más frecuente con la inevitable expansión del uso de la inteligencia artificial en el ámbito minero y en específico en el monitoreo ambiental del sector minero. El derecho comparado ha considerado soluciones tales como: el Reglamento (UE) 2024/1689 de la Unión Europea donde se establecen obligaciones detalladas de documentación técnica, conservación de registros, transparencia y supervisión humana para sistemas de alto riesgo; la Directive on Automated Decision-Making de Canadá (Treasury Board of Canada Secretariat, 2019) cuenta con un modelo graduado de impacto algorítmico; y el régimen de fiscalización ambiental chileno, a través de la Superintendencia del Medio Ambiente, incluye facultades expresas para requerir información técnica a los operadores.

El objetivo de este trabajo se resume en poder llegar a formular propuestas de modificación normativa que permitan al régimen de fiscalización ambiental minero peruano mantener su eficacia frente a procesos de monitoreo intermediados por decisiones automatizadas. En este sentido, los objetivos específicos son: (i) analizar el marco normativo vigente e identificar las deficiencias normativas que actualmente impiden la fiscalización adecuada de estos procesos; (ii) examinar la jurisprudencia del Tribunal de Fiscalización Ambiental del OEFA en casos donde intervinieron fallas de monitoreo que habrían tenido un tratamiento distinto si hubiesen existido obligaciones de trazabilidad; (iii) contrastar las obligaciones jurídicas del derecho comparado que sean aplicables al caso peruano; y (iv) redactar propuestas normativas específicas para cada una de las tres deficiencias identificadas.

1.4. Hipótesis

La hipótesis central de este trabajo se basa en que el régimen de fiscalización ambiental minero peruano debe contar con al menos tres modificaciones normativas específicas para poder llegar a regular adecuadamente el uso de la inteligencia artificial en los procesos de monitoreo, sin alterar el principio de responsabilidad objetiva del titular.

La primera modificación incorpora al artículo 18 del Decreto Supremo N. º 040-2014-EM una obligación de trazabilidad algorítmica, junto con el deber de mantener supervisión humana documentada sobre el sistema. El titular deberá conservar, además de los datos ambientales, los registros del sistema de inteligencia artificial que los procesa: documentación técnica del modelo, parámetros de configuración, registros automáticos de funcionamiento y evidencia de supervisión humana implementada. Con esto se cierra la opacidad documental.

La segunda modificación precisa a través de norma reglamentaria el alcance de las facultades de supervisión y fiscalización ya reconocidas por el OEFA en la Ley N.º 29325, de forma que comprendan expresamente la posibilidad de requerir esta documentación técnica en el ejercicio de sus funciones de supervisión y fiscalización. Con esto se busca reforzar la seguridad jurídica del requerimiento.

La tercera modificación incorpora al procedimiento sancionador (Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD) la supervisión humana sobre decisiones automatizadas como criterio relevante para la graduación de la sanción: agravante cuando esta supervisión sea inexistente o insuficiente, atenuante cuando se acredite un programa documentado de gobernanza algorítmica. Con esto se cierra la opacidad de incentivos.

Las tres modificaciones pueden implementarse sin necesidad de una ley del Congreso de la República. La primera requiere de un Decreto Supremo multisectorial, refrendado por el Ministerio de Energía y Minas y del Ambiente. La segunda y tercera, al basarse en una normativa reglamentaria del OEFA, pueden canalizarse mediante Resolución del Consejo Directivo conforme a la función normativa que reconoce el literal e) del numeral 11.2 del artículo 11 de la Ley N.º 29325. Esta diferencia es relevante porque determina el camino institucional y el plazo de implementación de cada propuesta.

1.5. Marco metodológico

La presente investigación toma un enfoque jurídico-dogmático con componentes de derecho comparado. Se implementa el método dogmático para el análisis sistemático de las normas vigentes del régimen de fiscalización ambiental minero, examinando así la coherencia

interna y la suficiencia de dichas normas frente a las nuevas soluciones tecnológicas. El método comparativo se utiliza para comparar las soluciones normativas adoptadas por la Unión Europea, Canadá y Chile, y para identificar los aspectos legales específicos que pueden adaptarse al contexto peruano.

Las fuentes primarias incluyen el marco jurídico aplicable (Ley N.º 28611, Ley N.º 29325, Decreto Supremo N.º 040-2014-EM, Ley N.º 31814 y su Reglamento, Decreto Supremo N.º 115-2025-PCM, Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD, Resolución de Consejo Directivo N.° 006-2018-OEFA/CD), la jurisprudencia relevante del Tribunal de Fiscalización Ambiental del OEFA y de la Corte Suprema, y las normas internacionales (Reglamento (UE) 2024/1689, Directive on Automated Decision-Making de Canadá, Ley N.º 20.417 de Chile, en lo relativo a la Superintendencia del Medio Ambiente). Las fuentes secundarias incluyen doctrina especializada en derecho ambiental, regulación de inteligencia artificial, derecho administrativo sancionador y gobernanza algorítmica. Se ha excluido deliberadamente el análisis de responsabilidad civil extracontractual por daño ambiental, dado que este corresponde a una parte distinta del problema jurídico abordado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Responsabilidad administrativa ambiental

El derecho ambiental peruano ha establecido un sistema de responsabilidad administrativa con carácter objetivo. La norma fundamental que establece este régimen en materia de fiscalización ambiental es el artículo 18 de la Ley N.° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, modificado por la Ley N.° 30011, la cual dispone de forma expresa que los administrados son objetivamente responsables por el incumplimiento de las obligaciones derivadas de los instrumentos de gestión ambiental, las normas ambientales y los mandatos o disposiciones emitidos por el OEFA. Este régimen, además, se complementa con el artículo 144 de la Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente, que establece la responsabilidad civil objetiva por los daños ambientales derivados del uso o aprovechamiento de bienes ambientales riesgosos, y con el régimen general del procedimiento administrativo sancionador previsto en el Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General (Decreto Supremo N.º 006-2026-JUS).

La responsabilidad administrativa ambiental peruana no es absoluta. La doctrina la califica como una responsabilidad objetiva relativa, dado que admite causales eximentes que

permiten al administrado romper el nexo causal entre la conducta y la infracción (Morón Urbina, 2019). El artículo 236-A del Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General contempla seis condiciones eximentes que son: caso fortuito o fuerza mayor, error inducido por la Administración, incapacidad mental, obrar en cumplimiento de un deber legal o en el ejercicio legítimo del derecho de defensa, orden obligatoria de autoridad competente y subsanación voluntaria. El artículo 146 de la Ley General del Ambiente, por su parte, toma en cuenta eximentes específicas en materia ambiental, como la causa exclusiva derivada de un suceso inevitable o irresistible. El sistema, en consecuencia, opera bajo una lógica objetiva: la sola confirmación de la infracción basta para configurar la responsabilidad, salvo que el administrado acredite una causal eximente expresamente prevista en la ley. En la doctrina nacional, Danós (1995) menciona que la potestad sancionadora de la Administración se sujeta a garantías materiales y formales que condicionan su ejercicio, marco dentro del cual operan estas causales eximentes. Respecto a la subsanación voluntaria, Huapaya, Sánchez y Alejos (2018) mencionan que la misma se consolida como eximente en el régimen general del procedimiento administrativo.

Diferenciar entre la responsabilidad objetiva y subjetiva es importante para entender cuál es el régimen aplicable a la minería. En un esquema de responsabilidad subjetiva, el infractor solo responde cuando se demuestra que actuó con culpa o negligencia; la ausencia de intencionalidad opera como eximente. En el régimen objetivo, la sola verificación del incumplimiento es suficiente para atribuir la responsabilidad, sin importar la diligencia desplegada por el titular, excepto por las causales expresas mencionadas. Este diseño responde al principio de internalización de costos recogido en el artículo VIII del Título Preliminar de la Ley N.º 28611, conforme al cual quien genera riesgos o daños sobre el ambiente debe asumir los costos de las acciones de prevención, vigilancia, restauración, rehabilitación, reparación y eventual compensación, con independencia de su grado de culpabilidad.

Neyra Cruzado (2018) advierte que, en el ámbito sancionador ambiental, las causales eximentes son extremadamente restringidas y no incluyen la delegación de funciones a terceros para la intervención de herramientas tecnológicas. La carga de acreditar la concurrencia de la eximente corresponde al administrado, conforme al principio de verdad material aplicable al procedimiento sancionador.

Un punto central de este trabajo es el hecho de que el titular de la actividad minera responde frente al Estado como único obligado, sin importar las relaciones contractuales que

este tenga con proveedores de servicios, contratistas o empresas de tecnología. Esto ha sido reafirmado por la doctrina institucional del OEFA, sistematizada en su publicación: El derecho administrativo sancionador ambiental (OEFA, 2014), donde se sostiene que la responsabilidad administrativa ambiental recae sobre el titular con independencia de que el incumplimiento provenga de la acción u omisión de un tercero vinculado contractualmente. Ipenza Peralta (2018) confirma esta interpretación al señalar que el régimen de responsabilidad objetiva del titular minero opera como un mecanismo de incentivos para la prevención y no como un instrumento punitivo basado en el reproche moral.

Resulta importante también para este trabajo distinguir entre las obligaciones de medio y las obligaciones de resultado. La obligación de monitoreo ambiental que recae sobre el titular minero es, en su núcleo, una obligación de resultado: el titular debe asegurar que los datos reportados al OEFA reflejen las condiciones reales de su operación. El uso de un sistema tecnológico sea convencional o algorítmico, no cambia la naturaleza de esa obligación; el resultado debe alcanzarse con independencia del medio. Sobre esta base, se construye la analogía entre la inteligencia artificial y otros instrumentos en la cadena de cumplimiento. La responsabilidad del titular no se ve disminuida por la opacidad del modelo algorítmico, de la misma manera que no disminuye cuando un laboratorio subcontratado comete un error de medición. La diferencia no se basa en la atribución de responsabilidad, sino en la capacidad que tiene el ente fiscalizador para verificar qué ocurrió y por qué.

Finalmente, es importante diferenciar la responsabilidad administrativa ambiental de la responsabilidad civil por daño ambiental. La primera se resuelve en el ámbito del procedimiento sancionador del OEFA y tiene carácter preventivo y disuasivo; la segunda, regulada en el artículo 144 de la Ley General del Ambiente, se ve ante la jurisdicción civil y busca la reparación económica del daño causado. Este trabajo se enfoca exclusivamente en el ámbito administrativo sancionador.

2.2. Inteligencia artificial y decisiones automatizadas

La Ley N.º 31814 promueve la implementación y uso de la inteligencia artificial en búsqueda de favorecer el desarrollo económico y social del país. La definición de la inteligencia artificial de esta ley es que es una disciplina orientada a la investigación y al desarrollo de sistemas basados en algoritmos capaces de realizar tareas que en condiciones normales requerirían de la inteligencia humana. En su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N.º 115-2025-PCM, se complementa esta definición con un enfoque más funcional dado que se

refiere a sistemas capaces de procesar información, identificar patrones, generar predicciones o adoptar decisiones con grados variables de autonomía.

A nivel internacional, el Reglamento (UE) 2024/1689 contempla una definición más técnica en su artículo 3, al establecer que la inteligencia artificial es un sistema basado en máquinas diseñadas para funcionar con diversos niveles de autonomía, que puede demostrar capacidad de adaptación tras su implementación y que a partir de los datos que recibe puede inferir cómo generar resultados como predicciones, recomendaciones o decisiones que pueden influir en entornos físicos o virtuales. Dicha definición resulta particularmente útil dado que contempla el elemento de opacidad inherente a los modelos de aprendizaje automático.

En el contexto de la minería, los sistemas de inteligencia artificial más relevantes con relación al monitoreo ambiental pueden calificarse en tres categorías funcionales. Los modelos predictivos son los que emplean técnicas de aprendizaje automático para anticipar eventos ambientales adversos, como la superación de límites máximos permisibles (LMP) en efluentes o la detección temprana de filtraciones en depósitos de relaves. Los sistemas de monitoreo en tiempo real integran redes de sensores con algoritmos de procesamiento que evalúan continuamente parámetros físicos y químicos del agua, del aire y del suelo, generando alertas automatizadas cuando se detectan desviaciones. Los modelos de detección de anomalías, por su parte, analizan series temporales de datos ambientales para identificar patrones atípicos que podrían iniciar una falla operativa o un evento contaminante.

Es importante diferenciar entre automatización simple e inteligencia artificial, porque esta distinción tiene consecuencias jurídicas directas. Un sistema automatizado convencional, como un sensor que activa una alarma cuando la concentración de un contaminante supera un umbral predeterminado, opera con ciertas reglas que le son impuestas de forma transparente: el fiscalizador puede verificar la regla, el umbral y la medición. Un sistema de inteligencia artificial, en cambio, puede llegar a la misma conclusión mediante un proceso de inferencia estadística cuya lógica interna no es directamente interpretable, ni siquiera para sus propios desarrolladores. Giudotti et. al. (2018) denominan a este fenómeno como opacidad inherente de los modelos de aprendizaje profundo.

La opacidad antes mencionada tiene relevancia jurídica dado que altera la dinámica probatoria de la fiscalización. Cuando el titular presenta datos ambientales procesados o generados por un sistema de IA, el OEFA puede verificar el dato final, pero carece de la

capacidad técnica y legal para poder examinar el proceso intermedio de la decisión algorítmica. Esto no modifica la responsabilidad del titular, que sigue siendo objetiva, pero sí compromete la capacidad del Estado para poder determinar las causas de un incumplimiento y, sobre todo, para poder prevenir que vuelva a ocurrir. Williams (2022) plantea que el derecho administrativo debe replantear sus herramientas tradicionales de control cuando los procesos de decisión pasan a estar mediados por algoritmos: la revisión judicial de los actos administrativos presupone un expediente que documenta el razonamiento del decisor, pero cuando ese razonamiento es algorítmico, la revisión se vuelve imposible dado que no cuenta con mecanismos de trazabilidad y explicitación de los criterios que han sido empleados.

2.3. Supervisión humana significativa

En el derecho europeo se emplea la supervisión humana significativa y es el concepto que constituye un principio rector de la regulación de los sistemas de inteligencia artificial que ya cuenta con un carácter normativo en ciertas jurisdicciones con más avances en este tema. Específicamente, el artículo 14 del Reglamento europeo establece que los sistemas de IA de alto riesgo se deben diseñar y desarrollar de modo que estos puedan ser vigilados de manera efectiva por personas físicas durante el periodo en que estén en uso (Reglamento (UE) 2024/1689, art. 14). La exigencia antes mencionada no se satisface con la sola existencia formal de que se involucre a un operador humano, dado que este debe contar con la capacidad técnica, autoridad organizacional y las herramientas necesarias para comprender los resultados del sistema, interpretar su funcionamiento y, cuando sea necesario, intervenir para corregir o desactivarlo.

Adams-Prassl (2022) ha profundizado en las limitaciones del modelo convencional de "human in the loop" como mecanismo de control de decisiones algorítmicas. Su análisis distingue entre tres niveles de intervención humana que resultan conceptualmente decisivos para el diseño de obligaciones de supervisión:

(a) **Intervenciones "before the loop":** comprenden el diseño del sistema y la evaluación de impacto previa a su despliegue. En este nivel se encuentran la selección de los datos de entrenamiento, la definición de los criterios de éxito del modelo y la evaluación de los riesgos que su implementación puede generar para el cumplimiento de obligaciones legales.
(b) **Intervenciones "in the loop":** corresponden a la supervisión durante la operación del sistema, en este sentido, la capacidad con la que cuenta el operador humano de poder

revisar, corregir o rechazar las decisiones automatizadas en tiempo real. Este es el nivel más visible y el menos efectivo cuando opera de forma aislada.

(c) **Intervenciones "above the loop":** se refieren a la gobernanza estratégica del sistema, incluyendo la definición de los objetivos que el algoritmo debe perseguir, la revisión periódica de su desempeño y la decisión de continuar, modificar o descontinuar su uso (Adams-Prassl, 2022).

La clasificación de Adams-Prassl evidencia el hecho de que la supervisión humana no puede solo centrarse en un único punto de control. Los sistemas de inteligencia artificial implementados en actividades que impliquen monitoreo ambiental deben contar con intervención humana en los tres niveles: antes de su implementación, en la que se debe evaluar los riesgos del despliegue en el cumplimiento de las obligaciones ambientales; en operación, a través de personal capacitado que revise los resultados y pueda intervenir cuando el sistema genere alerta o presente anomalías; y encima del ciclo operativo, a través de decisiones de gobernanza que evalúen si el sistema efectivamente cumple con los fines de su implementación y si los resultados que muestra son consistentes con los datos obtenidos por vías independientes. Si no se cuenta con estos niveles se compromete la eficacia de la supervisión.

La Directive on Automated Decision-Making de Canadá (Treasury Board of Canada Secretariat, 2019) establece una división de las obligaciones de supervisión con respecto al nivel de impacto que puede llegar a tener la decisión automatizada. En el nivel más bajo de impacto, basta con que exista la posibilidad de revisión humana a solicitud del afectado. En los niveles superiores, la intervención humana debe ser anterior a la ejecución de la decisión automatizada. El modelo escalonado es muy efectivo para adaptarse a distintos contextos, como es el caso del sector minero en el Perú, donde el monitoreo ambiental cambia mucho dependiendo del tipo de parámetro, de la proximidad a cuerpos de agua o comunidades y de la magnitud de la operación.

La diferencia entre supervisión nominal y supervisión efectiva adquiere importancia mayor en el contexto minero. Las empresas mineras pueden argumentar que cuentan con personal asignado a la supervisión de sus sistemas de monitoreo automatizado. Pero si ese personal no tiene acceso a los parámetros internos del modelo, no tiene formación sobre el funcionamiento y no cuenta con los protocolos para poder intervenir cuando el sistema se desvía, dicha supervisión resulta una mera formalidad y no cumple con la función de control que el ordenamiento jurídico pretende asegurar. Empleando la clasificación de Adams-Prassl,

una empresa que opera solamente “in the loop” sin realizar una evaluación previa del sistema (“before the loop”) ni contar con mecanismos de gobernanza estratégica (“above the loop”) termina teniendo una supervisión estructuralmente deficiente, con independencia de la calificación del personal asignado.

2.4. Trazabilidad algorítmica

La trazabilidad algorítmica es la obligación de conservar registros del proceso de decisión de un sistema de inteligencia artificial, de forma que sea posible reconstruir luego las razones por las que el sistema adoptó una determinada decisión. A diferencia de la obligación en sí misma de conservación de datos, la trazabilidad exige documentar también los elementos que intervinieron en la generación del dato: la versión del modelo, parámetros de configuración, datos de entrada, salidas producidas y, cuando sea necesario, la intervención humana sobre el resultado.

En el derecho comparado esta obligación se encuentra consolidada. El artículo 11 del Reglamento (UE) 2024/1689 exige que los proveedores de sistemas de IA de alto riesgo elaboren y mantengan actualizada una documentación técnica exhaustiva que detalle la arquitectura del sistema, los datos utilizados para su entrenamiento y las métricas de validación. El artículo 12, a su vez, impone que los sistemas cuenten con capacidades de registro automático (logging) que permitan rastrear su funcionamiento a lo largo del tiempo, registrando los periodos de uso, bases de datos consultadas, datos de entrada que activaron decisiones y la identidad de las personas físicas que intervinieron en la verificación de los resultados (Reglamento (UE) 2024/1689, arts. 11-12).

En el ordenamiento peruano existe una deficiencia normativa específica. El Decreto Supremo N.º 040-2014-EM en su artículo 18 establece obligaciones generales del titular minero, incluyendo el monitoreo y control permanente de sus operaciones y la puesta a disposición de las autoridades de los instrumentos ambientales aprobados y de las actuaciones derivadas. Sin embargo, esta norma no toma en consideración las obligaciones específicas que son relativas a los sistemas tecnológicos empleados en el monitoreo ni hace referencia a sistemas algorítmicos, modelos de procesamiento de datos o decisiones automatizadas. Cuando un algoritmo interviene en la medición, la calibración o la generación del reporte final, la norma no exige que el titular conserve los registros del modelo empleado, la versión del algoritmo, los parámetros de configuración, los criterios de decisión ni las actualizaciones realizadas.

Esta ausencia genera dos consecuencias prácticas que son relevantes. La primera, es que el OEFA cuenta con facultades de supervisión y fiscalización lo suficientemente amplias para requerir al titular toda la documentación necesaria sobre sus modelos algorítmicos en el marco de una acción de supervisión o fiscalización, de manera que la dificultad no proviene de una falta de potestad, sino de la ausencia de obligaciones específicas de trazabilidad que aseguren que esos registros existan y se conserven. La segunda, aunque el titular se mantiene obligado a conservar la documentación y a asegurar la trazabilidad, no existe un estándar normativo que precise qué información técnica del sistema algorítmico debe incluir, durante cuánto tiempo debe conservarse ni en qué formato debe estar disponible. La ausencia de un marco mínimo de trazabilidad genera una zona de opacidad regulatoria que beneficia al infractor y perjudica al fiscalizador.

Conviene precisar que el Instrumento de Gestión Ambiental podría considerarse como la vía para incorporar y aprobar compromisos específicos sobre el monitoreo automatizado mediante inteligencia artificial, incluyendo la definición de los informes y reportes exigibles. Al tratarse de una tecnología nueva, corresponde a la autoridad realizar una precisión sobre estos aspectos al momento de su aprobación. Sin embargo, esta vía no cierra el problema de la trazabilidad. El Instrumento de Gestión Ambiental se aprueba caso por caso, de forma que, sin contar con un piso normativo general, el contenido y la exigibilidad de la trazabilidad algorítmica quedarían sujetos a cómo se redacte cada instrumento y a la capacidad de revisión de la autoridad. En este sentido, la propuesta de contar con un estándar normativo mínimo y la vía del Instrumento de Gestión Ambiental son complementarias: el estándar fija el contenido mínimo común y el instrumento lo adapta a cada operación.

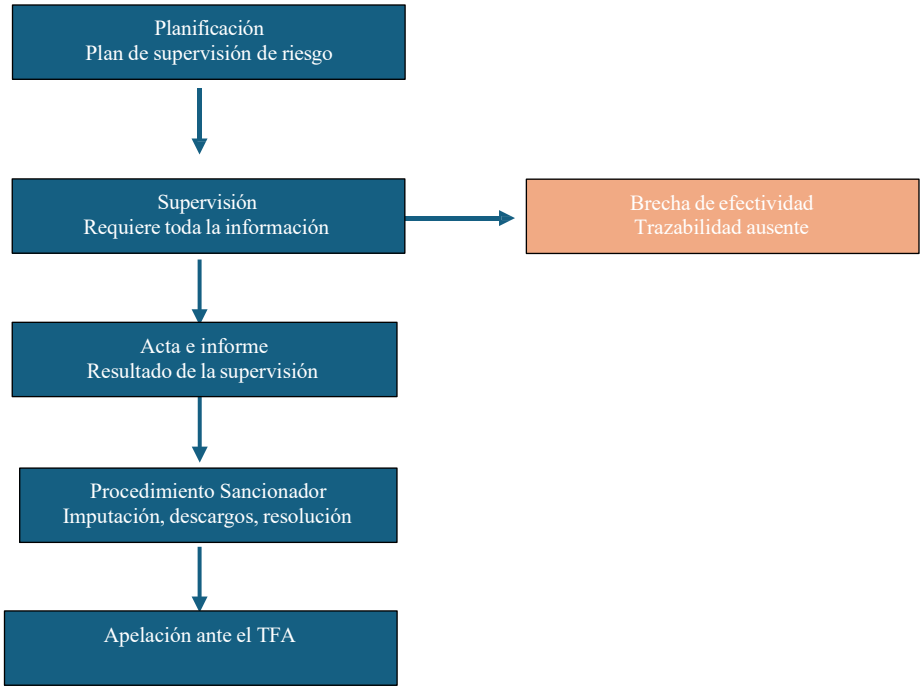
A lo anterior se añade un efecto en el ámbito sancionador. La responsabilidad administrativa objetiva determina que la infracción por exceder los Límites Máximos Permisibles se configura con independencia de la intencionalidad, de manera que atribuir la causa al algoritmo no exime al titular. Esto es distinto a la graduación de la sanción: el administrado podría acreditar que el incumplimiento derivó de una falla involuntaria del sistema, por ejemplo, por defectos de mantenimiento o actualización, y que actuó con diligencia mediante auditorías internas y supervisión del modelo, lo que funcionaría como atenuante bajo los principios de razonabilidad y proporcionalidad del régimen sancionador. La carga de probar este extremo recae en el administrado. En este escenario, la trazabilidad algorítmica que este trabajo propone cumple una función adicional: es el presupuesto técnico

que permite al titular satisfacer esa carga probatoria y, a la vez, un incentivo para asumir mayores compromisos ambientales, como auditorías internas de inteligencia artificial, en el marco del propio Instrumento de Gestión Ambiental.

Adicionalmente, esta opacidad genera un desincentivo a la inversión en supervisión. Bajo el régimen actual, un titular minero que invierte en sistemas con trazabilidad y supervisión humana asume costos significativos sin obtener ventaja jurídica frente a otro titular que opera con sistemas opacos. Cuando un sistema robusto detecta una anomalía, la respuesta diligente puede resultar en la paralización temporal de la unidad operativa, con costos económicos importantes. Si la normativa sancionadora no diferencia entre el titular que actúa diligentemente al detectar la anomalía y el que la oculta, el incentivo económico apunta hacia la opacidad. La trazabilidad algorítmica, además de permitir la fiscalización, funciona como mecanismo redistributivo de incentivos a favor de la diligencia.

El proceso de supervisión y fiscalización del OEFA contiene una secuencia única, independiente de la tecnología que decida emplear el titular: planificación basada en riesgo, acción de supervisión con requerimiento de información, acta e informe de supervisión, procedimiento administrativo sancionador y, eventualmente, apelación ante el Tribunal de Fiscalización Ambiental. La facultad de requerimiento es amplia y alcanza los registros electrónicos del administrado, de modo que el OEFA conserva su competencia para fiscalizar un monitoreo automatizado. La diferencia surge en el plano técnico: bajo el monitoreo tradicional, la autoridad reconstruye la cadena de cumplimiento a partir de registros físicos y de laboratorio, mientras que, bajo un monitoreo mediado por inteligencia artificial, sin un estándar de trazabilidad, solo accede al dato de salida y no al proceso que lo generó. La brecha no se encuentra entonces en la competencia del OEFA sino en la efectividad de su verificación, y cierra cuando el Instrumento de Gestión Ambiental incorpora el uso de inteligencia artificial como compromiso ambiental y la normativa precisa qué información algorítmica debe conservarse y entregarse. La Figura 1 y el Cuadro 1 resumen esta secuencia y la diferencia entre escenarios.

Figura 1: Proceso de supervisión y fiscalización del OEFA y punto de brecha de trazabilidad algorítmica



De acuerdo con la Ley N.º 29325, la secuencia de la Figura 1 considera dos fases normativamente delimitadas. La primera corresponde a la función de supervisión, regulada por el Reglamento de Supervisión (Resolución del Consejo Directivo N.º 00019-2025-OEFA/CD), que considera la planificación basada en riesgo, la acción de supervisión con el requerimiento de información y la emisión del acta y del informe de supervisión. La segunda corresponde a la función fiscalizadora y sancionadora, regulada por la Resolución del Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD, que comprende el procedimiento administrativo sancionador y su eventual revisión por el Tribunal de Fiscalización Ambiental como última instancia. La brecha de trazabilidad mostrada en la figura se encuentra en la fase de supervisión, en el momento del requerimiento de información, y proyecta sus efectos sobre la fase sancionadora, dado que condiciona la prueba disponible en el procedimiento.

Cuadro 1: Comparación del cumplimiento y la fiscalización según el tipo de monitoreo

Dimensión	Monitoreo tradicional	Monitoreo automatizado sin estándar	Monitoreo automatizado con la propuesta
Obligación de monitoreo	Definida en el IGA	Definida en el IGA sin referencia al medio algorítmico	Definida en el IGA con compromiso expreso de trazabilidad de IA
¿El sistema está contemplado en el IGA?	No aplica	Por lo general no	Sí: certificación ambiental en proyecto nuevo, o ITS o MEIA en proyecto existente
Facultad de requerimiento del OEFA	Amplia (artículo 6 del Reglamento de Supervisión)	Amplia y alcanza registros electrónicos	Amplia
Lo que el OEFA recibe	Registros físicos y de laboratorio	Dato de salida del sistema	Datos, arquitectura y registros del modelo
Lo que el OEFA puede reconstruir	La cadena de cumplimiento	Solo el resultado, no el proceso	El proceso algorítmico completo
Resultado	Fiscalización efectiva	Fiscalización limitada en lo técnico	Fiscalización efectiva sobre IA

La incorporación de estos compromisos al Instrumento de Gestión Ambiental presenta dos escenarios diferentes de acuerdo con el momento del proyecto. En el escenario de aprobación, que es visto en proyectos nuevos que buscan la certificación ambiental, el uso del monitoreo automatizado y sus condiciones de trazabilidad se definen al aprobarse el Estudio de Impacto Ambiental o la Declaración de Impacto Ambiental ante el SENACE o la autoridad sectorial, dependiendo del grado de relevancia que se le dé al uso de esta tecnología. En el caso de la actualización, cuando el titular ya cuenta con un Instrumento de Gestión Ambiental

aprobado, los mismos compromisos se incorporan a través de un Informe Técnico Sustentatorio (ITS) si el cambio no es sustancial o mediante una Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (MEIA) si el cambio es sustancial. En ambos casos, el estándar normativo de trazabilidad propuesto opera como contenido mínimo común y el Instrumento de Gestión Ambiental lo adapta a las características de cada operación.

2.5. Pasivos algorítmicos en minería

El concepto de pasivo algorítmico, que este trabajo propone como categoría analítica, define el daño ambiental que se acumula de manera progresiva e inadvertida como una consecuencia directa de las fallas no detectadas en un sistema de inteligencia artificial que es utilizado para el monitoreo ambiental minero. La similitud con los pasivos ambientales mineros regulados por la Ley N.º 28271 resulta ilustrativa. Algunos ejemplos de pasivos ambientales mineros son: instalaciones, efluentes, emisiones y depósitos de residuos producidos por dichas operaciones que han sido abandonadas y que constituyen un riesgo permanente para la salud y el ecosistema. Debe precisarse que la Ley N.º 28271 mira hacia el pasado y tiene como objeto remediar los impactos de operaciones cesadas o abandonadas, mientras que las operaciones vigentes cuentan con instrumentos de gestión ambiental preventivos y planes de cierre de minas, por lo que, en principio, no deberían generar nuevos pasivos ambientales. La analogía en este sentido es únicamente conceptual. Los pasivos algorítmicos comparten la característica de acumulación progresiva y daño diferido, pero el origen es diferente: no son causados por el abandono físico de infraestructura, sino que se generan en una operación en curso, por el funcionamiento continuado de un sistema algorítmico defectuoso.

En el escenario hipotético donde una empresa minera implementa un sistema de IA para el monitoreo continuo de la calidad del agua en los efluentes de su planta de procesamiento, donde el mismo está configurado para detectar excedencias de límites máximos permisibles y generar alertas automáticas, un error en el modelo de calibración puede provocar que el sistema no reporte de forma sistemática la concentración de un metal pesado durante un período de tiempo. Los reportes que son enviados a OEFA en este caso reflejarían valores dentro de los parámetros permitidos, cuando la realidad es que se excede de los límites de forma recurrente. El daño ambiental se acumula en el tiempo hasta que se emplea una supervisión presencial o un análisis aislado que pueda detectar el error.

El gran diferenciador entre un pasivo algorítmico y la falla de un equipo convencional es la dificultad con la que se puede llegar a detectar el error. Un sensor fallado por lo general emite lecturas que llaman la atención del operador: valor fuera de rango, interrupciones en la transmisión, inconsistencias evidentes. Un algoritmo defectuoso puede generar resultados que parecen normales. La credibilidad de los datos producidos por el sistema hace que el error sea invisible hasta que las consecuencias ambientales se manifiestan. Esta característica justifica la necesidad de obligaciones específicas de trazabilidad y auditoría algorítmica como complemento del régimen de responsabilidad objetiva.

CAPÍTULO III: MARCO NORMATIVO Y ANÁLISIS JURÍDICO

3.1. Régimen ambiental y minero aplicable

3.1.1. Instrumentos de gestión ambiental: clasificación general

En el Perú, la gestión ambiental se encuentra conformada a través de una serie de instrumentos que la Ley N.º 28611 clasifica en sus artículos 16 y 17. En este sentido, la doctrina nacional ha estructurado de forma sistemática a estos instrumentos en cuatro categorías principales: los instrumentos preventivos, son aquellos que buscan anticipar y evitar impactos ambientales; los instrumentos correctivos, buscan remediar daños causados; los estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles, establecen los umbrales cuantitativos a partir de los que una condición ambiental se llega a considerar inaceptable; y los instrumentos de fiscalización, son aquellos que habilitan a la autoridad administrativa para verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales.

Esta clasificación es importante dado que permite ubicar con claridad dónde cabe la introducción de inteligencia artificial. Los sistemas de IA no buscan remplazar los instrumentos de gestión ambiental íntegramente, pero en cambio, modifican los procesos mediante los cuales el titular cumple con sus obligaciones derivadas de los mismos. Lo que sí cambia es la forma en la que se monitorea el cumplimiento de los compromisos asumidos en el instrumento de gestión ambiental.

3.1.2. Instrumentos de gestión ambiental en el sector minero

El sector minero cuenta con instrumentos específicos que entran dentro del marco general antes descrito. Dentro de la categoría de instrumentos preventivos, se distingue en el

ordenamiento entre la Declaración de Impacto Ambiental para proyectos que no generan impactos significativos, el Estudio de Impacto Ambiental semidetallado para impactos moderados, y el Estudio de Impacto Ambiental detallado para proyectos con impactos ambientales significativos. El Informe Técnico Sustentatorio permite introducir modificaciones no sustanciales a instrumentos aprobados, mientras que el Plan de Cierre de Minas regula las obligaciones del titular al término de las operaciones.

En la categoría de instrumentos correctivos se encuentran el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, la Declaración de Adecuación Ambiental, el Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo y la Declaración Ambiental de Actividades en Curso. Estos instrumentos son importantes para las operaciones existentes que incorporan un sistema de IA a procesos que originalmente se diseñaron sin contemplar la tecnología algorítmica.

Los parámetros cuantitativos cuyo monitoreo constituye el objeto central de este análisis son los estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP). Los ECA para agua, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, sientan las bases sobre los niveles de concentración que no deben ser excedidos en los cuerpos de agua receptores (D.S. N.º 004-2017-MINAM). Los LMP para efluentes minero-metalúrgicos, regulados por el Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM, fijan los valores máximos de concentración de contaminantes que pueden estar presentes en los efluentes que el titular minero descargue al medio ambiente (D.S. N.º 010-2010-MINAM). Específicamente sobre estos dos parámetros es donde la inteligencia artificial está siendo incorporada con mayor intensidad.

3.1.3. Competencias y funciones del OEFA

La Ley N.º 29325 creó el OEFA como organismo técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente. Este tiene la función de dirigir y supervisar el Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Ley N.º 29325). Las competencias de este giran en torno a tres funciones principales.

La primera es la función evaluadora que comprende las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del ambiente. La segunda es la función supervisora que se basa en acciones de verificación del cumplimiento de las obligaciones ambientales que son fiscalizables, incluyendo visitas de campo, requerimientos de información y análisis documental. La tercera es la función fiscalizadora y sancionadora que habilita al OEFA a

investigar presuntas infracciones ambientales, imponer sanciones y dictar medidas complementarias.

Las tres funciones del OEFA antes mencionadas se basan en que los procesos que fiscaliza son verificables. La evaluadora presupone que los datos de monitoreo reflejan las condiciones reales del ambiente. La supervisora asume que los registros del titular muestran de forma veraz sus operaciones. La sancionadora requiere de elementos probatorios que permiten establecer que existe una infracción. Cuando se interpone un sistema de IA entre la realidad física y los registros del titular y estos son los que finalmente se ponen a disposición de la autoridad, la verificabilidad se compromete dado que no existen obligaciones específicas de trazabilidad sobre el proceso algorítmico, aun cuando el mismo titular se mantiene obligado a conservar la data y a asegurar su trazabilidad.

El artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM desarrolla las obligaciones del titular minero en materia de monitoreo. Este le impone el deber de ejecutar un programa de monitoreo ambiental conforme a los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, conservar los registros de los datos generados y ponerlos a disposición de la autoridad cuando esta lo requiera (D.S. N.º 040-2014-EM, art. 18). Dicha norma fue redactada tomando en consideración un modelo de monitoreo basado en equipos de medición convencionales operados por personal técnico. Esta no hace referencia a sistemas algorítmicos, modelos de procesamiento de datos ni de decisiones automatizadas.

3.2. La responsabilidad objetiva en minería

El régimen de responsabilidad administrativa objetiva en materia ambiental tiene como norma fundamental el artículo 18 de la Ley N.º 29325, modificado por la Ley N.º 30011, que establece expresamente la responsabilidad objetiva de los administrados por el incumplimiento de obligaciones derivadas de los instrumentos de gestión ambiental, las normas ambientales y los mandatos del OEFA. En el plano de la responsabilidad civil, el artículo 144 de la Ley N.º 28611 establece que la responsabilidad derivada del uso o aprovechamiento de un bien ambientalmente riesgoso, o del ejercicio de una actividad ambientalmente riesgosa, es objetiva. Ambos regímenes operan de manera autónoma pero confluyente: el titular minero puede ser objeto simultáneo de un procedimiento sancionador ante el OEFA y de una acción civil por reparación de daño ambiental.

La jurisprudencia de la Corte Suprema ha ratificado la aplicabilidad de la responsabilidad objetiva en el sector minero. La Casación N.º 28097-2017-Lima reafirmó el carácter objetivo de la responsabilidad del titular minero por los vertimientos y desechos generados por su operación, independientemente del hecho de que haya actuado de manera diligente, sin perjuicio de haber amparado el recurso de la empresa por defectos de tipicidad en la imputación del OEFA (Casación N.º 28097-2017-Lima). El fundamento de esta decisión se apoya en la naturaleza intrínsecamente riesgosa de la actividad extractiva y en el principio de internalización de costos del derecho ambiental peruano.

La analogía entre la inteligencia artificial y otros proveedores o herramientas tecnológicas resulta instructiva. Cuando una empresa minera contrata un laboratorio de análisis químico y los resultados del laboratorio son erróneos, la responsabilidad administrativa recae sobre el titular, no sobre el laboratorio. Del mismo modo, cuando un proveedor de tecnología entrega un software de monitoreo defectuoso, la responsabilidad del titular no cambia. La inteligencia artificial opera bajo la misma lógica. El titular que decide implementar un sistema de IA para el monitoreo de sus parámetros ambientales asume el riesgo de que ese sistema funcione incorrectamente. La IA es un medio, no un sujeto de responsabilidad.

3.3. Ley de IA (Ley N.º 31814) y su Reglamento (D.S. N.º 115-2025-PCM): impacto en minería

La Ley N.º 31814, promulgada en julio de 2023, tiene por objeto promover el uso de la inteligencia artificial en favor del desarrollo económico y social del Perú. Su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 115-2025-PCM en septiembre de 2025, desarrolla los principios y mecanismos operativos de la ley (Garrigues, 2025). Con esto, el Perú se convirtió en uno de los primeros países de Latinoamérica en contar con un marco normativo específico sobre inteligencia artificial, alineado conceptualmente con los estándares internacionales de la OCDE (2019) y con el enfoque basado en el riesgo del Reglamento europeo.

Entre los principios rectores de la ley y su Reglamento se encuentran la transparencia, la explicabilidad, la seguridad, la no discriminación, la privacidad de datos personales, el respeto del derecho de autor y la supervisión humana. Este último principio es particularmente relevante para el presente análisis: el Reglamento establece que en los sistemas basados en IA de riesgo alto deberán implementarse mecanismos de supervisión humana en la toma de decisiones que pudiesen implicar un impacto significativo en determinados sectores.

El Reglamento adopta una clasificación de los sistemas de IA por nivel de riesgo, distinguiendo entre uso indebido (prohibido), riesgo alto y riesgo aceptable. El uso indebido

comprende sistemas que afectan de manera irreversible, significativa y negativa los derechos fundamentales o el bienestar de las personas, incluyendo la manipulación de decisiones, la vigilancia masiva sin base legal y la identificación biométrica en espacios públicos sin autorización. El riesgo alto aplica a sistemas cuyo uso supone un riesgo para la vida, la dignidad, la libertad, la seguridad física y los demás derechos fundamentales. El riesgo aceptable comprende todos los demás usos.

Un aspecto que es importante para este trabajo es que el Reglamento define el uso de riesgo alto de manera funcional, esto es, por el riesgo que el sistema supone para la vida, la seguridad física y los derechos fundamentales de las personas, y no mediante una lista cerrada de sectores. Las obligaciones reforzadas de supervisión humana establecen, por ejemplo, sectores como salud, educación, finanzas, justicia y acceso a programas y servicios básicos, además de usos laborales como la selección, evaluación, contratación y cese de trabajadores. Debido al posible impacto ambiental que puede tener el uso de IA en los procesos de monitoreo ambiental en actividades extractivas, se puede considerar que quedaría comprendido dentro de esa definición funcional de alto riesgo, aun cuando no figura entre los sectores específicamente enumerados para dichas obligaciones reforzadas.

Esta omisión tiene consecuencias prácticas importantes. En la medida en que la minería no figura entre los sectores expresamente enumerados para las obligaciones reforzadas, las obligaciones reforzadas de transparencia algorítmica, supervisión humana y conformidad con la norma técnica NTP-ISO/IEC 42001:2025 no resultan aún directamente exigibles a los sistemas de IA utilizados en el monitoreo ambiental minero. Ello no significa que la minería se encuentra excluida de la categoría de alto riesgo, que el Reglamento define de manera funcional según el riesgo que genera el sistema y no según el sector, sino que el sector minero se encuentra en el último tramo del cronograma de implementación gradual del Reglamento, con un plazo hasta el 10 de septiembre de 2028. No obstante, los principios generales de la ley, particularmente la transparencia, la explicabilidad y la supervisión humana, pueden fundamentar las modificaciones normativas que este trabajo propone en sede reglamentaria del OEFA. La vía no es la aplicación directa de la Ley N.º 31814 sino la utilización de sus principios como sustento normativo para reformas sectoriales específicas que desarrollen, en el ámbito de la fiscalización ambiental minera, las mismas garantías que la ley pretende asegurar a nivel general.

Cabe precisar, no obstante, que la Tercera Disposición Complementaria Final del Reglamento sí incluye expresamente a la minería en el cronograma de implementación gradual de las obligaciones de transparencia algorítmica y buenas prácticas para el sector privado. De

acuerdo con dicho cronograma, los sectores de salud, educación, justicia, seguridad, economía y finanzas tienen plazo hasta el 10 de septiembre de 2026; los sectores de transporte, comercio y trabajo, hasta el 10 de septiembre de 2027; y los sectores de producción, agricultura, energía y minería, hasta el 10 de septiembre de 2028 (Garrigues, 2025; EY Perú, 2024). La minería, en consecuencia, sí se encuentra dentro del horizonte regulatorio del Reglamento, aun cuando las obligaciones reforzadas previstas para los usos de alto riesgo no resulten todavía directamente aplicables. Esta situación refuerza la oportunidad e importancia de las propuestas normativas sectoriales formuladas en este trabajo, las cuales pueden anticiparse al vencimiento del plazo y establecer obligaciones específicas para el monitoreo ambiental minero antes de que la implementación gradual del Reglamento alcance al sector.

3.4. Deficiencias regulatorias en fiscalización de decisiones automatizadas

El análisis sistemático del marco normativo vigente permite identificar tres deficiencias normativas específicas que comprometen la eficacia de la fiscalización ambiental cuando intervienen sistemas de inteligencia artificial en los procesos de monitoreo.

La primera deficiencia se puede identificar en el artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM. Esta norma establece que el titular debe conservar los registros de datos ambientales generados por su programa de monitoreo, pero no menciona que debe haber una conservación de registros relativos a los modelos algorítmicos que procesen esos datos. En este sentido, la norma presupone que el dato ambiental es un valor que es generado directamente por un componente o equipo de medición que luego pasa a ser registrado por el personal técnico. El algoritmo puede intervenir en la cadena de distintas maneras tales como: selección de datos a reportar, calibración de sensores, ponderación de lecturas múltiples o identificación de anomalías relevantes y la lógica de dicha intervención queda fuera del ámbito de la obligación de registro. Como resultado, el OEFA recibe datos procesados algorítmicamente, pero no tiene manera de verificar la fiabilidad del procedimiento.

La segunda deficiencia se puede encontrar en la Ley N.º 29325. El artículo 11 de la Ley N.º 29325, modificado por la Ley N.º 30011, desarrolla las funciones del OEFA; en estas se establece que puede requerir información al administrado, realizar visitas de campo, tomar muestras y analizar documentación. Sin embargo, las facultades antes mencionadas no aluden de manera específica a la posibilidad de requerir documentación técnica sobre sistemas de inteligencia artificial, que incluyen su arquitectura, parámetros de configuración, datos de entrenamiento o histórico de actualizaciones. La facultad genérica de solicitar información ya cubre este supuesto y permite requerir esa documentación en la actualidad; no obstante, su

especificidad técnica hace recomendable una mención expresa que refuerce la seguridad jurídica del requerimiento.

La tercera deficiencia se puede identificar en la Resolución del Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD, que establece el procedimiento administrativo sancionador. Los criterios de graduación de la sanción no incluyen la ausencia de supervisión humana sobre decisiones automatizadas como un factor agravante, ni la existencia de mecanismos de trazabilidad algorítmica como factor atenuante. Al omitir lo mencionado, se deja al OEFA sin herramientas jurídicas para poder diferenciar entre un titular minero que opera con controles adecuados sobre sus sistemas de IA y otros que operan sin ninguna forma de supervisión real. Tomando en cuenta la teoría de la regulación, al presentarse una ausencia de incentivos normativos para la buena gobernanza de la IA en minería, se genera un escenario de riesgo moral: el titular que invierte en supervisión y trazabilidad tiene el mismo tratamiento sancionatorio que el que no lo hace, lo que desincentiva la adopción de prácticas responsables y la inversión en estos sistemas.

3.5. Jurisprudencia del Tribunal de Fiscalización Ambiental del OEFA

Analizar la jurisprudencia del Tribunal de Fiscalización Ambiental del OEFA permite ilustrar la manera en la que las deficiencias normativas identificadas se manifiestan en la práctica. Para cada caso que se va a mencionar a continuación se desarrolla una estructura analítica que tiene cuatro elementos: (i) los hechos relevantes; (ii) el fundamento jurídico de la decisión; (iii) la hipótesis contrafáctica, es decir, cómo habría cambiado el caso bajo las propuestas de este trabajo; y (iv) la recomendación normativa que correspondería adoptar para prevenir situaciones como la analizada.

3.5.1. Caso Antamina (Resolución Directoral N.º 262-2013-OEFA/DFSAI)

(i) Hechos relevantes: La Compañía Minera Antamina registró una falla del sistema de detección de fugas de su mineroducto, denominado Advisor, en el marco del derrame de concentrado de cobre ocurrido en Cajacay en 2012, lo que derivó en un procedimiento administrativo sancionador por incumplimiento de obligaciones ambientales (OEFA, RD N.º 262-2013-OEFA/DFSAI). Dicho sistema no constituye una herramienta de inteligencia artificial en sentido estricto. Sin embargo, este caso se anticipa a un patrón estructural que se amplifica con su adopción: siempre que un sistema tecnológico falle y la razón o causa no se puede detectar de forma oportuna, las consecuencias ambientales pueden ser severas.

(ii) Fundamento jurídico: La sanción se sustentó en el artículo 5 del Reglamento para la Protección Ambiental (Decreto Supremo N.º 016-93-EM), norma que en su momento se

encontraba vigente y antecedente directo del actual Decreto Supremo N.º 040-2014-EM, aplicando la escala de multas de la Resolución Ministerial N.º 353-2000-EM/VMM. La falla en este caso del sistema Advisor, que no logró detectar la fuga (esta fue detectada por el vigilante de la estación), no eximió de responsabilidad al titular, criterio que es consistente con el régimen de responsabilidad objetiva de la Ley N.º 3011 consolidada ese mismo año en el artículo 18 de la Ley N.º 29325.

(iii) Hipótesis contrafáctica: Si el caso hubiera ocurrido bajo el régimen propuesto, las obligaciones de trazabilidad algorítmica habrían generado registros automatizados que hubiesen permitido reconstruir la secuencia exacta de eventos: qué datos recibió el sistema, qué procesamiento aplicó, qué alertas se generaron o dejaron de generarse, y qué intervenciones humanas se ejecutaron en respuesta. La capacidad probatoria del OEFA habría sido sustancialmente superior.

(iv) Recomendación normativa: Se recomienda la modificación del artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM (propuesta 4.4 de este trabajo) y la facultad expresa de requerimiento de documentación técnica del OEFA (propuesta 4.5).

3.5.2. Caso Gold Fields Cerro Corona (Resolución N.º 186-2022-OEFA/TFA-SE)

(i) Hechos relevantes: El caso de Gold Fields, específicamente sobre su unidad minera Cerro Corona, terminó con una sanción de 2,500 UIT por fallas sistemáticas en el monitoreo ambiental (OEFA, Tribunal de Fiscalización Ambiental, Resolución N.º 186-2022-OEFA/TFA-SE).

(ii) Fundamento jurídico: La sanción en este caso se sustentó en el incumplimiento de obligaciones de monitoreo ambiental, en aplicación del Reglamento de Procedimiento Administrativo Sancionador (Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD) y la tipificación de infracciones de la Resolución del Consejo Directivo N.º 006-2018-OEFA/CD.

(iii) Hipótesis contrafáctica: Si las fallas hubieran ocurrido en un sistema de monitoreo gestionado mediante inteligencia artificial, sin obligaciones de documentación técnica, el OEFA habría enfrentado un obstáculo probatorio adicional: no habría podido acceder a la arquitectura del modelo, los datos de entrenamiento ni los de operación, lo que habría hecho más difícil la determinación del origen de las inconsistencias. Por el contrario, la existencia de un programa de supervisión humana documentado, de acuerdo con la propuesta de este trabajo, podría haber operado como atenuante en la graduación de la sanción.

(iv) Recomendación normativa: Se recomienda la modificación de la Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD para poder incorporar la supervisión humana sobre las decisiones automatizadas y la trazabilidad algorítmica como criterios de graduación de la sanción (propuesta 4.6 de este trabajo), de forma que el titular que acredite contar con un programa documentado de supervisión y respuesta ante anomalías pueda invocarlo como atenuante, y la ausencia o insuficiencia de dicho control opere como agravante. Adicionalmente, la obligación de trazabilidad algorítmica del artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM (propuesta 4.4) resulta indispensable para que esos registros existan y puedan sustentar su graduación, dado que sin trazabilidad el titular que opera de forma diligente carece de medios para acreditar la atenuante.

3.6. Análisis comparado internacional

La revisión del derecho comparado en este trabajo tiene una finalidad específica: identificar disposiciones normativas concretas, articuladas en textos legales vigentes, que cuenten con una estructura jurídica que pueda replicarse o adaptarse al ordenamiento jurídico peruano. No se trata de recoger principios programáticos ni recomendaciones internacionales no vinculantes, sino de analizar los artículos específicos cuya redacción pueda servir de modelo para las reformas que este trabajo propone.

Para llegar a este objetivo, se examinan tres jurisdicciones que ofrecen aspectos legales diferentes y complementarios: la Unión Europea, cuyo Reglamento (UE) 2024/1689 constituye el primer marco normativo integral sobre inteligencia artificial con obligaciones jurídicas detalladas; Canadá, cuya Directive on Automated Decision-Making aporta un modelo escalonado por niveles de impacto; y Chile, cuyo régimen de fiscalización ambiental a través de la Superintendencia del Medio Ambiente ofrece un modelo institucional aplicable a la realidad latinoamericana de un país con economía minera relevante.

3.6.1. Unión Europea: Reglamento (UE) 2024/1689

El Reglamento (UE) 2024/1689, aprobado el 13 de junio de 2024, es el primer marco normativo integral sobre inteligencia artificial en el mundo (Reglamento (UE) 2024/1689). Este tiene un enfoque basado en el riesgo y sus requisitos para sistemas de alto riesgo son relevantes de manera directa para analizar la fiscalización ambiental minera. El artículo 6 del mismo, con la combinación del Anexo III, define las categorías de sistema de IA que son consideradas de alto riesgo e incluyen las utilizadas en componentes de seguridad en infraestructuras críticas.

A continuación se analizan los seis artículos del Reglamento que resultan jurídicamente relevantes para la propuesta de este trabajo: los artículos 11,12,13, y 14, que son los que establecen obligaciones de documentación técnica, conservación de registros, transparencia y supervisión humana; el artículo 26, que define las obligaciones del responsable del despliegue (deployer), figura jurídicamente análoga al titular minero; y el artículo 72, que regula la vigilancia post-comercialización, fundamento estructural para el ejercicio de facultades fiscalizadoras.

(a) Artículo 11: Documentación técnica

El artículo 11 impone a los proveedores de sistemas de IA de alto riesgo la obligación de desarrollar documentación técnica previa a la introducción del sistema en el mercado, esta debe mantenerse actualizada. Dicha documentación debe permitir a las autoridades nacionales evaluar la conformidad del sistema con los requisitos del Reglamento. El Anexo IV detalla el contenido mínimo exigible: descripción general del sistema, sus elementos constitutivos, el proceso de desarrollo, los datos utilizados para el entrenamiento, las métricas de rendimiento, las medidas de supervisión humana, y los procedimientos de gestión de riesgos. La documentación antes mencionada debe conservarse durante un periodo de diez años y permanecer a disposición de las autoridades nacionales competentes.

(b) Artículo 12: Registros automáticos (logging):

El artículo 12 establece que los sistemas de IA de alto riesgo deben contar con capacidades de registro automático (logging) que permiten rastrear el funcionamiento a lo largo del ciclo de vida del sistema. Dichos registros deben incluir las fechas y horas de utilización, la base de datos de referencia utilizada para la verificación de los datos de entrada, los datos de entrada que hayan activado una búsqueda y la identificación de las personas físicas que participaron en la verificación de los resultados. La obligación de conservación de estos registros se regula en otros artículos del Reglamento, específicamente, el artículo 26 referido al responsable del despliegue.

(c) Artículo 13: Transparencia e información a los responsables del despliegue:

El artículo 13 desarrolla las obligaciones de transparencia, exigiendo que los sistemas de alto riesgo cuenten con un diseño que permita que su funcionamiento sea suficientemente transparente para que los responsables del despliegue puedan interpretar sus resultados y utilizarlos adecuadamente. El sistema debe ir acompañado de instrucciones de uso claras y comprensibles que incluyan la identidad del proveedor, las características y limitaciones del

sistema, las medidas de supervisión humana implementadas y recursos computacionales y de hardware necesarios.

(d) Artículo 14: Vigilancia humana

El artículo 14 establece que los sistemas de IA de alto riesgo deben diseñarse de forma que puedan ser supervisados de forma efectiva por personas físicas durante el periodo que estén en uso. La supervisión humana tiene como objetivo prevenir o minimizar los riesgos para la salud, la seguridad o los derechos fundamentales. Las personas físicas a quienes se les encarga esta función deben estar en condiciones de entender adecuadamente las capacidades y limitaciones del sistema, vigilar correctamente su funcionamiento, no incurrir en sesgo de automatización, interpretar correctamente los resultados, decidir no utilizar el resultado o ignorarlo cuando sea procedente, e intervenir o detener el sistema mediante un mecanismo fiable (stop button).

(e) Artículo 26: Obligaciones de los responsables del despliegue

Este artículo 26 es jurídicamente decisivo para el caso peruano porque define las obligaciones del responsable del despliegue (deployer), figura análoga al titular minero que utiliza un sistema de IA en sus procesos. El artículo 26, obliga al responsable del despliegue a adoptar medidas técnicas y organizativas adecuadas para utilizar el sistema conforme a las instrucciones de uso; encomendar la supervisión humana a personas físicas con la competencia, formación y autoridad necesarias; asegurar que los datos de entrada sean pertinentes y suficientemente representativos; vigilar el funcionamiento del sistema sobre la base de las instrucciones de uso e informar al proveedor cuando se detecten incidencias graves; y conservar los registros automáticos generados por el sistema durante un período mínimo de seis meses, salvo que la legislación aplicable establezca un período más largo. Esta última obligación es la que jurídicamente debería trasladarse al titular minero peruano: una obligación de conservación de los logs durante un plazo determinado.

(f) Artículo 72: Vigilancia post comercialización

El artículo 72 establece la obligación del proveedor de implementar y documentar un sistema de vigilancia post-comercialización proporcional a la naturaleza del sistema y a sus riesgos. Dicho sistema debe recopilar y analizar de forma activa y sistemática los datos relevantes sobre el funcionamiento del sistema durante su ciclo de vida, permitiendo evaluar continuamente la conformidad del sistema con los requisitos del Reglamento. Para los fines de este trabajo, esta disposición ofrece el fundamento estructural de las facultades fiscalizadoras: la lógica de vigilancia post-comercialización es trasladable a la vigilancia post-implementación que debe ejercer el OEFA sobre los sistemas de IA implementados por los titulares mineros.

Para visualizar de manera sistemática la correspondencia entre las disposiciones del Reglamento europeo y las propuestas establecidas en este trabajo se ha elaborado el siguiente cuadro de correspondencia normativa:

Cuadro 2: Correspondencia entre el Reglamento (UE) 2024/1689 y las propuestas normativas peruanas

Artículo Reglamento UE	**Obligación europea**	**Propuesta peruana equivalente**	**Vehículo normativo**
Art. 11	Documentación técnica del sistema (arquitectura, datos de entrenamiento, métricas, medidas de supervisión)	Obligación del titular minero de conservar documentación técnica del sistema de IA implementado en monitoreo ambiental	Modificación del art. 18 del D.S. N.º 040-2014-EM (propuesta 4.4)
Art. 12	Capacidades de registro automático (logs) del funcionamiento del sistema	Obligación de conservar registros automáticos de funcionamiento del sistema durante 5 años	Modificación del art. 18 del D.S. N.º 040-2014-EM (propuesta 4.4)
Art. 13	Transparencia y manuales de uso comprensibles para el responsable del despliegue	Declaración previa del uso de IA al OEFA con descripción funcional del sistema	Resolución del Consejo Directivo del OEFA (propuesta 4.7)
Art. 14	Supervisión humana efectiva por personas físicas con competencia y autoridad para intervenir	Designación formal de responsable de supervisión algorítmica como criterio de graduación de la sanción	Modificación de la R.C.D. N.º 027-2017-OEFA/CD

			(propuesta 4.6)
Art. 26	Obligaciones del responsable del despliegue (deployer): supervisión, vigilancia, conservación de logs por 6 meses mínimo	Conjunto de obligaciones mínimas del titular minero usuario de IA en monitoreo ambiental	Resolución del Consejo Directivo del OEFA (propuesta 4.7)
Art. 72	Vigilancia post-comercialización: recopilación sistemática de datos sobre funcionamiento	Facultad expresa del OEFA para requerir documentación técnica y registros de funcionamiento durante la vigencia operativa del sistema	Precisión reglamentaria del alcance de facultades del OEFA (propuesta 4.5)

Un aspecto central del modelo europeo que es jurídicamente relevante para el caso peruano es que las obligaciones de documentación, trazabilidad, transparencia y supervisión no alteran los regímenes de responsabilidad preexistentes. La Directiva 2004/35/CE sobre responsabilidad medioambiental continúa vigente y opera de manera autónoma respecto del Reglamento de IA. De esta misma forma, las propuestas normativas de este trabajo pueden integrarse al marco peruano sin necesidad de modificar el régimen de responsabilidad administrativa objetiva del artículo 18 de la Ley N.º 29325 ni el régimen de responsabilidad civil objetiva del artículo 144 de la Ley N.º 28611.

3.6.2. Canadá: Directive on Automated Decision-Making

La Directive on Automated Decision-Making de Canadá, se encuentra vigente desde abril de 2019 e introdujo un modelo de regulación escalonado que categoriza las obligaciones en función del nivel de impacto (Treasury Board of Canada Secretariat, 2019). La Directive se aplica a todas las instituciones federales que utilizan sistemas automatizados para apoyar o reemplazar decisiones administrativas que afectan derechos, intereses o privilegios de personas. La herramienta central es la Evaluación de Impacto Algorítmico

(Algorithmic Impact Assessment, AIA) que debe completarse antes del despliegue y determina su nivel de impacto.

La sección 6.1 de la Directive impone la obligación de completar la AIA antes del despliegue. La sección 6.2 establece las obligaciones de transparencia, incluyendo la notificación previa al usuario afectado y la publicación del resultado de la AIA. La sección 6.3 desarrolla las obligaciones de aseguramiento de calidad, incluyendo pruebas, monitoreo continuo y validación. El Apéndice C define los cuatro niveles de impacto (Levels I a IV) y asigna a cada nivel un conjunto progresivo de requisitos.

El siguiente cuadro muestra la división por niveles de impacto:

Cuadro 3: Niveles de impacto y obligaciones correspondientes en la Directive on Automated Decision-Making (Canadá)

Nivel de impacto	Características	Obligaciones jurídicas concretas
Nivel I (impacto bajo)	Decisiones que generan impacto reversible y de corta duración sobre derechos individuales.	Notificación al afectado tras la decisión. Posibilidad de revisión humana a solicitud. Pruebas técnicas previas al despliegue. Documentación básica del sistema.
Nivel II (impacto moderado)	Decisiones que generan impacto reversible, pero de duración prolongada o que afectan derechos importantes.	Notificación previa al afectado. Revisión especializada de la documentación técnica. Acceso a una explicación significativa de la decisión. Plan de capacitación del personal.
Nivel III (impacto alto)	Decisiones en las cuales el impacto puede ser difícilmente reversible y afectar derechos relevantes durante períodos largos.	Revisión especializada hecha por externos. Plan de contingencia obligatorio. Capacitación específica del personal con autoridad de intervención. Supervisión humana antes de la ejecución de la decisión.
Nivel IV (impacto muy alto)	Decisiones cuyo impacto es irreversible o perpetuo y afecta derechos fundamentales o el acceso a servicios esenciales.	Revisión especializada de externos independientes. Mecanismo formal de recurso. Supervisión humana obligatoria antes de la decisión final. Notificación pública de la implementación. Auditorías periódicas.

Para el contexto minero peruano, este modelo escalonado es jurídicamente útil por su capacidad de adaptación: reconoce que no todas las decisiones automatizadas merecen el

mismo nivel de control. La graduación permite diseñar obligaciones proporcionales y evita imponer cargas desmedidas a la industria sin comprometer la eficacia de la fiscalización. Un sistema que monitorea la calidad del agua descargada en cuerpos receptores próximos a comunidades debería estar sujeto a controles equivalentes al Nivel III o IV de la Directive, mientras que un sistema que optimiza la frecuencia del muestreo en zonas no críticas podría ubicarse en el Nivel I o II.

Este principio de graduación es el que, jurídicamente, debería incorporarse al procedimiento sancionador del OEFA, complementando los criterios actuales con una variable que distinga entre sistemas con distintos niveles de impacto y, en consecuencia, con distintos estándares exigibles de supervisión humana y trazabilidad algorítmica.

3.6.3. Chile: régimen de fiscalización ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente

Chile presenta el modelo institucional latinoamericano más avanzado en materia de fiscalización ambiental de actividades extractivas. La Ley N.º 20.417 del 2010 creó el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). El artículo segundo de la Ley N.º 20.417 contiene la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (LOSMA), que regula el funcionamiento, las atribuciones y el régimen sancionador de dicho organismo. La SMA entró en plenas funciones en diciembre de 2012 y constituye, conforme al artículo 2 de la LOSMA, el órgano descentralizado encargado de ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, las medidas de los Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental, las normas de calidad ambiental y de emisión, y los Planes de Manejo, entre otras competencias.

Para los fines de este trabajo, son tres las disposiciones del régimen chileno particularmente relevantes. En primer lugar, el artículo 3 de la LOSMA, en sus distintos literales, atribuye a la Superintendencia un conjunto de facultades que incluyen el requerimiento directo a los titulares de proyecto respecto de información sobre los sistemas de monitoreo, los datos generados y la metodología utilizada. Esta facultad es estructural y no se limita a sensores o equipos físicos; opera con cualquier herramienta utilizada en la generación de los datos ambientales que el titular reporta. En segundo lugar, el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) materializa esta facultad a través de su plataforma de acceso continuo a los datos de monitoreo, lo que reduce la asimetría informativa entre el regulador y el regulado. En tercer lugar, el régimen sancionador de la SMA, articulado

en los artículos 35 y siguientes de la LOSMA, contempla una graduación detallada de la sanción que considera, entre otros factores, la conducta del infractor frente al hecho antijurídico, lo que abre un espacio jurídico para valorar la diligencia del titular en la operación de sus sistemas de monitoreo.

Tres elementos del modelo chileno son adaptables al ordenamiento peruano. Primero, la facultad expresa de requerir información sobre la metodología y los sistemas de monitoreo, no únicamente sobre los datos finales. Esta facultad, en el caso peruano, debería extenderse a la documentación técnica de los sistemas de inteligencia artificial. Segundo, la lógica del SNIFA como plataforma de acceso continuo a los datos podría ampliarse, en el contexto peruano, hacia un registro de sistemas de IA implementados por los titulares mineros, alimentado por las declaraciones previas que se proponen en este trabajo. Tercero, la graduación de la sanción en función de la conducta del infractor habilita el reconocimiento jurídico de la diligencia algorítmica como variable de la sanción.

El modelo chileno, al estar diseñado para una economía minera latinoamericana con recursos limitados, ofrece un punto de referencia jurídicamente más realista que el europeo o canadiense para evaluar la viabilidad de las propuestas. Confirma que las facultades expresas de requerimiento de información técnica y la graduación de sanciones por diligencia operativa son perfectamente compatibles con un régimen de responsabilidad objetiva sobre el titular de la actividad.

3.6.4. Síntesis comparada

El análisis de las tres jurisdicciones permite extraer cuatro conclusiones jurídicas que ayudan a sustentar las propuestas normativas de este trabajo. La primera es que en todas las jurisdicciones examinadas las obligaciones de trazabilidad, documentación técnica y supervisión humana se imponen sin alterar los regímenes de responsabilidad preexistentes del operador. Ninguna jurisdicción ha considerado que la introducción de la IA en procesos regulados debe modificar la posición jurídica del titular de la actividad.

La segunda conclusión es que existen obligaciones jurídicas concretas, formalmente articuladas en textos normativos vigentes, cuya estructura es directamente replicable al caso peruano. Los artículos 11, 12, 13, 14, 26 y 72 del Reglamento europeo, las secciones 6.1, 6.2 y 6.3 con el Apéndice C de la Directive canadiense, y el artículo 3 de la LOSMA chilena (artículo segundo de la Ley N.º 20.417) ofrecen los elementos técnicos de referencia.

La tercera conclusión es que el principio de proporcionalidad, expresado en el modelo escalonado canadiense, es jurídicamente adecuado para una economía minera heterogénea

como la peruana. La adaptación de las obligaciones por niveles de impacto diferenciado evita sobrerregulación y ayuda a preservar incentivos para la inversión tecnológica.

La cuarta conclusión es que la facultad expresa del regulador para requerir información técnica sobre sistemas automatizados, presente en los tres modelos analizados, es una condición jurídica indispensable para la eficacia de la fiscalización. Sin esta facultad, las obligaciones de trazabilidad y supervisión existen formalmente pero no tienen mecanismo de exigibilidad.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA NORMATIVA

Este capítulo propone tres modificaciones normativas que cierran las tres deficiencias normativas identificadas previamente en el capítulo III. La idea central es que la fiscalización ambiental minera siga siendo eficaz cuando los procesos de monitoreo están mediados por sistemas de inteligencia artificial, sin alterar el principio de responsabilidad objetiva del titular que ya se comentó previamente.

La primera propuesta busca ampliar las obligaciones generales del titular minero para incluir la conservación de registros del sistema de inteligencia artificial utilizado, además de la documentación que está obligado a mantener (modificación del artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM). La segunda autoriza expresamente al OEFA a pedir esa documentación cuando supervise o fiscalice (precisión reglamentaria del alcance de las facultades de supervisión y fiscalización ya reconocidas al OEFA por la Ley N.º 29325). La tercera diferencia, al momento de sancionar, entre el titular que opera con supervisión humana documentada y el que no, reconociendo positivamente al primero y penalizando al segundo (modificación de la Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD).

Cada propuesta tiene su propio vehículo normativo en función de la jerarquía de la norma que modifica. La primera, al tratarse de un Decreto Supremo del Ministerio de Energía y Minas, requiere de otro Decreto Supremo multisectorial, refrendado conjuntamente por los ministros de Energía y Minas y del Ambiente, en aplicación del principio de paralelismo de las formas y dada la concurrencia de competencias entre el sector minero, rector de la actividad, y el Ministerio del Ambiente, rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. La segunda y tercera propuesta, al tratarse de normativa reglamentaria propia del OEFA, se puede canalizar mediante Resolución del Consejo Directivo, en ejercicio de la función normativa que le reconoce el literal e) del numeral 11.2 del artículo 11 de la Ley N.º 29325. Ninguna de las tres requiere de una ley formal del Congreso. El problema regulatorio es real y se está expandiendo

en tiempo real con la adopción acelerada de la inteligencia artificial en la industria, lo que vuelve crítica la velocidad institucional de respuesta.

4.1. Integración normativa IA-Minería

Las propuestas de modificación normativa que se formularán a continuación se posicionan en la intersección entre dos marcos legales: el régimen de fiscalización ambiental minero y la regulación de la inteligencia artificial. La pregunta operativa que conecta a ambas dimensiones es cuál es la vía jurídica más eficiente para implementar las modificaciones sin generar conflictos normativos con el marco vigente y sin imponer al sector minero cargas regulatorias desproporcionadas.

La Ley N.º 31814 y su Reglamento establecen principios que son directamente relevantes para la fiscalización de decisiones automatizadas en minería: transparencia, explicabilidad, seguridad y supervisión humana. Estos principios no son solo programáticos: la Ley les atribuye un carácter orientador de las políticas públicas y de la actividad regulatoria sectorial. Sin embargo, tal y como fue señalado, la minería no figura entre los sectores expresamente enumerados para las obligaciones reforzadas del Reglamento, lo cual no excluye que el uso de IA en el monitoreo ambiental minero quede comprendido dentro de la definición funcional de alto riesgo. Esta circunstancia no invalida la propuesta y, además de sustentarse en los principios de la Ley N.º 31814, aconseja canalizar su implementación mediante reformas sectoriales específicas que aporten mayor certeza.

La vía que este trabajo propone es la potestad reglamentaria del OEFA, derivada del artículo 11 de la Ley N.º 29325. Dicha disposición atribuye al Consejo Directivo del OEFA la facultad de aprobar normas que regulen el ejercicio de sus funciones de evaluación, supervisión, fiscalización y sanción. Las modificaciones propuestas se pueden implementar a través de Resoluciones del Consejo Directivo, que constituyen normas de carácter general con rango infra legal, sin necesidad de una ley del Congreso ni de un decreto supremo del Poder Ejecutivo. Esta vía ofrece dos ventajas relevantes: rapidez en la implementación, que no requiere pasar por el proceso legislativo, y especificidad técnica, dado que el OEFA cuenta con la competencia sectorial necesaria para diseñar obligaciones proporcionales.

En este caso, la jerarquía normativa de las propuestas planteadas se estructura de la siguiente manera: la primera propuesta, basada en la trazabilidad algorítmica al artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM, requiere de la modificación de un Decreto Supremo, lo que exige un nuevo Decreto Supremo. La segunda propuesta, relacionada con la documentación técnica, se puede implementar mediante Resolución del Consejo Directivo del

OEFA. La tercera propuesta, relativa a los criterios de graduación de la sanción, también puede canalizarse por la misma vía reglamentaria.

Esta distribución jerárquica no es arbitraria: refleja la naturaleza de cada modificación y el nivel de la norma que debe ser modificada para poder ser implementada con éxito.

4.2. Análisis constitucional de las propuestas

Antes de desarrollar las propuestas, conviene examinar su compatibilidad a nivel constitucional. Las modificaciones planteadas crean nuevas obligaciones para empresas privadas y, en el caso de los criterios sancionadores, modifican variables que inciden en la determinación de sanciones administrativas. Son tres los principios constitucionales relevantes: reserva de ley en materia sancionadora, principio de proporcionalidad y la libertad de empresa reconocida en el artículo 59 de la Constitución.

4.2.1. Reserva de ley y potestad reglamentaria

El principio de reserva de ley en materia sancionadora exige que las infracciones y sanciones sean establecidas por una norma con rango de ley. El Tribunal Constitucional peruano ha establecido que esta reserva admite el desarrollo reglamentario cuando la ley habilitante define los elementos esenciales del régimen sancionador y delega al reglamento la corrección de aspectos técnicos.

Las propuestas de este trabajo no crean nuevas infracciones ni amplían el catálogo sancionador. La modificación al artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM amplía el contenido de las obligaciones generales del titular minero para precisar el alcance de estas obligaciones cuando el titular utilice sistemas de inteligencia artificial. La modificación al procedimiento sancionador del OEFA no incorpora nuevas infracciones; solo desarrolla criterios de graduación dentro del margen ya autorizado por la Ley N.º 29325 y la facultad expresa de requerimiento de documentación técnica al OEFA es concreción reglamentaria de una facultad genérica que la ley ya le reconoce. Por lo tanto, las propuestas se ubican en el ámbito legítimo de la potestad reglamentaria sectorial y no afectan la reserva de ley.

4.2.2. Principio de proporcionalidad

El principio de proporcionalidad exige que toda restricción de derechos fundamentales o intereses legítimos sea idónea, necesaria y proporcional en sentido estricto. Basado en las propuestas de este trabajo, el análisis se desarrolla en tres niveles.

La idoneidad se acredita porque la conservación de registros de algoritmos, la documentación técnica y la supervisión humana son medidas que permiten al OEFA cumplir

con su función fiscalizadora de forma efectiva en un contexto donde los procesos de monitoreo son mediados por decisiones automatizadas. Sin contar con estas medidas, la fiscalización se vuelve extremadamente difícil. La necesidad se sostiene porque no existe un medio menos lesivo que alcance el mismo fin: fiscalización efectiva requiere acceso a la documentación técnica y no solo a los datos finales. Cualquier otra alternativa menos exigente afectaría el derecho fundamental a un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida (artículo 2.22 de la Constitución del Perú). La proporcionalidad en sentido estricto se sostiene porque la carga que se le impone al titular ya es razonable dado que consiste en conservar la documentación técnica que el titular ya debería mantener como buena práctica operativa, durante plazos que sean compatibles con el régimen general de prescripción del OEFA. El beneficio para la eficacia del sistema de fiscalización ambiental supera claramente la carga marginal impuesta al titular.

4.2.3. Libertad de empresa

El artículo 59 de la Constitución reconoce la libertad de empresa, comercio e industria. Las obligaciones propuestas en este trabajo no impiden ni dificultan de forma sustancial el ejercicio de esta libertad. No prohíben el uso de la inteligencia artificial; al contrario, la asumen como un fenómeno legítimo y deseable, regulando únicamente las condiciones documentales mínimas para que su empleo sea compatible con la función fiscalizadora del Estado. Las obligaciones propuestas se ubican dentro del marco regulatorio general de la actividad minera que el mismo artículo 59 permite establecer al Estado en su rol de orientación del desarrollo económico.

Adicionalmente, las propuestas operan como un mecanismo de nivelación competitiva: al exigir documentación técnica y supervisión humana mínima a todos los titulares mineros que utilicen IA, se evita que el ahorro de costos derivado de la opacidad algorítmica genere ventaja competitiva indebida frente a titulares que invierten en sistemas más robustos.

4.3. Obligaciones del derecho comparado aplicables al caso peruano

La sistematización del derecho comparado hace posible identificar un conjunto de obligaciones jurídicas que pueden adaptarse al ordenamiento peruano. Específicamente, del Reglamento europeo se derivan cinco obligaciones fundamentales: la documentación técnica del sistema de IA (artículo 11), la conservación de registros automáticos de funcionamiento (artículo 12), la transparencia hacia el regulador y los afectados (artículo 13), la supervisión humana efectiva (artículo 14) y las obligaciones específicas del responsable del despliegue como sujeto análogo al titular minero (artículo 26). De la Directive canadiense se puede extraer

el principio de graduación de las obligaciones en función del nivel de impacto, así como la evaluación de impacto algorítmico como requisito previo de la implementación. Del régimen chileno se adaptan la facultad expresa del regulador para requerir información técnica sobre los sistemas de monitoreo y la incorporación de la diligencia operativa como variable de graduación de la sanción.

El principio común en todas las jurisdicciones analizadas es que las obligaciones de trazabilidad y supervisión no modifican la responsabilidad del operador. En la Unión Europea, el proveedor del sistema de IA y el responsable de la implementación de este tienen obligaciones diferentes, pero la responsabilidad del operador por los daños causados por su actividad no cambia. En Canadá, las obligaciones que se desprenden de la Directive recaen sobre la institución que implementa el sistema, sin crear un régimen de responsabilidad compartida con el proveedor tecnológico. En Chile, las obligaciones del titular del proyecto frente a la SMA persisten sin importar las herramientas tecnológicas utilizadas. Esto es relevante para el Perú: las propuestas no crean nuevos sujetos de responsabilidad, sino que buscan fortalecer la capacidad de la autoridad para fiscalizar al sujeto ya existente bajo el régimen de responsabilidad objetiva.

Las obligaciones antes mencionadas del derecho comparado no pueden aplicarse de forma literal. El Reglamento europeo fue diseñado para un sistema regional compuesto por veintisiete Estados miembros con capacidades institucionales heterogéneas. La Directive canadiense se aplica exclusivamente a instituciones federales y a decisiones que afectan derechos individuales y no a la fiscalización ambiental de actividades extractivas. El régimen chileno, más parecido al peruano, opera sobre la base de instrumentos institucionales como el SNIFA que requieren de capacidades tecnológicas específicas. Las propuestas de este trabajo toman los principios subyacentes a esas normas (trazabilidad, documentación, supervisión y graduación) y los reconfiguran para el contexto regulatorio del Perú, donde la fiscalización se enfoca en la industria extractiva en un país en vías de desarrollo con un regulador competente, pero con recursos limitados.

4.4. Trazabilidad y auditoría algorítmica: modificación del artículo 18 del D.S. N.º 040-2014-EM

La primera propuesta se basa en ampliar el alcance del artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM para incluir la obligación del titular minero de conservar registros de los sistemas de inteligencia artificial utilizados en los procesos de monitoreo ambiental. La ampliación propuesta se basa en la necesidad de subsanar la primera deficiencia normativa

identificada, y toma como modelo las obligaciones de los artículos 11, 12 y 26 del Reglamento europeo, adaptadas al contexto normativo e institucional peruano.

La obligación propuesta comprende la conservación, durante un período mínimo de cinco años, de la siguiente información: (i) identificación del sistema de IA implementado, nombre del proveedor, versión del modelo y fecha de implementación; (ii) descripción de las funciones que el sistema cumple dentro del programa de monitoreo ambiental; (iii) los parámetros de configuración del sistema y cualquier modificación realizada durante el periodo de operación; (iv) los registros automáticos de funcionamiento (logs) que permitan reconstruir las decisiones adoptadas por el sistema; y (v) la documentación de las medidas de supervisión humana implementadas sobre el sistema.

El periodo de conservación de cinco años se debe a dos consideraciones específicas. La primera cubre completamente el plazo de prescripción de cuatro años de la potestad sancionadora del OEFA, previsto en el régimen general del TUO de la LPAG, y garantiza que la documentación esté disponible durante todo el periodo en el que la autoridad pueda llegar a iniciar procedimientos sancionadores. La segunda se debe a que este plazo igual sería inferior al periodo de diez años que se encuentra previsto en el artículo 11 del Reglamento europeo, lo cual refleja el principio de proporcionalidad en atención a las condiciones del mercado peruano y la capacidad tecnológica de las empresas del sector.

El análisis de proporcionalidad de la obligación propuesta se puede articular en tres ejes. La idoneidad queda acreditada porque la conservación de registros algorítmicos permite al OEFA auditar el funcionamiento de los sistemas de IA, lo cual cierra la deficiencia de fiscalización identificada previamente. Todo esto se verifica dado que no existe un medio menos gravoso que logre el mismo objetivo: sin registros, la auditoría es materialmente imposible. La proporcionalidad en sentido estricto se sostiene porque la carga que se le impone al titular, que consiste en conservar la documentación técnica que ya debería mantener como parte de sus buenas prácticas operativas, es sensiblemente inferior al beneficio que la obligación reporta para la eficacia de la fiscalización ambiental.

Sobre la base de lo mencionado, se propone la siguiente redacción para la incorporación de un nuevo párrafo al artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM:

> "Cuando el titular minero utilice sistemas de inteligencia artificial o decisiones automatizadas en cualquier etapa de su programa de monitoreo ambiental, deberá conservar, además de la documentación a que se refieren los párrafos anteriores del presente artículo, la documentación técnica del sistema, los registros automáticos de funcionamiento, los parámetros de configuración y sus modificaciones, y la

> evidencia de las medidas de supervisión humana implementadas, por un período no menor de cinco (5) años contados desde la fecha de generación de cada registro. Esta documentación deberá estar a disposición del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en el ejercicio de sus funciones de supervisión y fiscalización. El incumplimiento de esta obligación será considerado infracción administrativa conforme a la tipificación aprobada por el OEFA."

4.5. Precisión del alcance de las facultades de supervisión y fiscalización del OEFA

La segunda propuesta se enfoca en precisar, en la normativa reglamentaria del OEFA, el alcance de las facultades de supervisión y fiscalización ya reconocidas por la Ley N.º 29325, de forma que comprendan expresamente la habilitación para requerir documentación técnica sobre los sistemas de inteligencia artificial usados por los administrados en sus procesos de monitoreo ambiental. Esta propuesta ayuda a subsanar la segunda deficiencia normativa identificada y se basa en las facultades de las autoridades de vigilancia que han sido previstas en el Capítulo IV del Reglamento europeo, así como en el modelo institucional chileno.

La precisión normativa propuesta haría explícita la facultad ya reconocida del OEFA para requerir, en el marco de sus funciones de supervisión y fiscalización, la presentación de la documentación técnica del sistema de IA, los registros de funcionamiento correspondientes al periodo de investigación, las acreditaciones de las medidas de supervisión humana implementadas y las comunicaciones internas relacionadas con alertas generadas por los sistemas y la respuesta del titular a las mismas. Dicha facultad sería ejercida dentro del procedimiento administrativo ya establecido, sin crear mecanismos procesales nuevos. El titular mantendría todas las garantías del debido proceso, incluyendo el derecho a presentar descargos, ofrecer medios probatorios y cuestionar la pertinencia de los requerimientos (Guzmán Napurí, 2013).

La importancia de esta facultad expresa se basa en la naturaleza técnica de la información requerida. A diferencia de los datos ambientales convencionales que el OEFA ya puede solicitar, la documentación de un sistema de IA incluye algunos elementos como la arquitectura del modelo, los datos del entrenamiento, las métricas de validación, los parámetros de configuración y el histórico de actualizaciones. Si bien la habilitación del OEFA es lo suficientemente amplia para comprender este tipo de información, su especificidad técnica puede dar lugar a fricciones cuando el administrado discute el requerimiento invocando, por ejemplo, la protección de secretos comerciales. Una mención expresa reduce esa zona de

incertidumbre y refuerza la seguridad jurídica del requerimiento. Esta precisión podría canalizarse, adicionalmente, mediante una resolución que establezca un protocolo específico de actuación para el supuesto de uso de herramientas de inteligencia artificial en el monitoreo ambiental.

La propuesta de texto normativo, que se canalizaría a través de Resolución del Consejo Directivo del OEFA, incorporaría a la normativa reglamentaria un artículo con la siguiente redacción:

> "En ejercicio de la función supervisora directa y de la función fiscalizadora y sancionadora previstas en el artículo 11 de la Ley N.º 29325, el OEFA podrá requerir al titular minero la presentación de la documentación técnica de los sistemas de inteligencia artificial empleados en sus procesos de monitoreo ambiental, incluyendo: (i) la descripción técnica del sistema, su arquitectura y los datos utilizados para su entrenamiento; (ii) las métricas de validación aplicadas y las limitaciones conocidas del modelo; (iii) los registros automáticos de funcionamiento correspondientes al período de investigación; (iv) la identificación del responsable de la supervisión humana del sistema y la documentación que acredite las intervenciones humanas realizadas; y (v) las comunicaciones internas relacionadas con alertas generadas por el sistema y las respuestas del titular. La negativa injustificada a presentar esta documentación constituye infracción al deber de cooperación con la autoridad fiscalizadora."

4.6. Criterios de supervisión humana en la graduación de la sanción

La tercera propuesta se dirige a la Resolución del Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD con el objeto de incluir la supervisión humana y los registros algorítmicos como criterios para evaluar el grado de la sanción. Específicamente, se propone que la ausencia de supervisión humana efectiva sobre decisiones automatizadas que contribuyan a la configuración de una infracción ambiental constituya un factor agravante en la determinación de la sanción aplicable. Inversamente, si existe un programa documentado de supervisión humana, trazabilidad algorítmica y respuesta ante anomalías, se podría considerar como un factor atenuante, incentivando de esta manera a los titulares a adoptar prácticas de gobernanza de IA adecuadas.

El modelo para esta propuesta es triple. El artículo 14 del Reglamento europeo se toma como exigencia de la necesidad de que la supervisión humana sea efectiva y no meramente nominal. De la Directive canadiense se adopta el principio de graduación: a mayor impacto potencial de la decisión automatizada, mayores deben ser los controles de supervisión. La

taxonomía de Adams-Prassl, que fue desarrollada en el Capítulo II, aporta la estructura conceptual para evaluar la calidad de la supervisión: un titular que acredite intervención humana en los tres niveles (before, in y above the loop) demostraría un programa de supervisión más robusto que el que solo opera con un operador in the loop sin evaluación previa ni gobernanza estratégica.

En el contexto minero, un sistema de IA que procesa datos de parámetros cuyo incumplimiento puede generar daños irreversibles al ecosistema debe estar sujeto a controles más rigurosos que un sistema que optimiza la frecuencia del muestreo. La inclusión de estos criterios en el procedimiento sancionador genera un incentivo económico directo: el titular que invierte en gobernanza de IA obtiene un tratamiento sancionatorio más favorable que el que no cuenta con ningún control.

Se propone la siguiente redacción para la modificación de los criterios de graduación de la sanción de la Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD:

> "En la determinación de la sanción aplicable a infracciones cometidas en procesos de monitoreo ambiental mediados por sistemas de inteligencia artificial, el OEFA considerará como factor agravante la ausencia o insuficiencia de supervisión humana efectiva sobre las decisiones automatizadas, así como la inexistencia de mecanismos de trazabilidad algorítmica que permitan reconstruir el proceso de decisión del sistema. Se considerará factor atenuante la existencia de un programa documentado de supervisión humana significativa, que comprenda la evaluación previa al despliegue del sistema, la supervisión durante su operación y la gobernanza estratégica del mismo, así como la trazabilidad de las decisiones automatizadas y los protocolos de respuesta ante anomalías detectadas. La graduación de los criterios atenderá al nivel de impacto potencial del sistema de IA sobre los bienes ambientales protegidos."

4.7. Cinco obligaciones legales mínimas para el uso de IA en monitoreo ambiental minero

Tomando en consideración el análisis anterior, se propone la incorporación de cinco obligaciones legales mínimas que deberían regir el uso de la inteligencia artificial en el monitoreo ambiental minero. Cada una de estas obligaciones está fundamentada en normas del derecho comparado, es compatible con el marco legal vigente y se establece el plazo, la forma y la consecuencia jurídica de incumplimiento de estas.

4.7.1. Obligación primera: declaración previa del uso de IA ante el OEFA

Antes de incorporar un sistema de inteligencia artificial en procesos de monitoreo ambiental, el titular minero debería comunicar al OEFA la naturaleza del sistema, el alcance de la intervención en el programa de monitoreo y las funciones principales. Dicha obligación no constituye una autorización previa, sino un mecanismo de transparencia que permite al regulador conocer cuáles son las tecnologías que están siendo utilizadas en los procesos que fiscaliza. Además, esta obligación se fundamenta en el artículo 13 del Reglamento europeo y en la evaluación de impacto algorítmico de la Directive canadiense en su sección 6.1.

Plazo: treinta (30) días calendario antes de la puesta en operación del sistema. **Forma:** declaración escrita presentada a la mesa de partes virtual del OEFA, conforme al formato que apruebe el organismo. **Consecuencia de incumplimiento**: tipificación como infracción al deber de información, con las sanciones previstas en la Resolución de Consejo Directivo N.º 006-2018-OEFA/CD.

4.7.2. Obligación segunda: conservación de registros algorítmicos

La segunda obligación es la conservación de documentación técnica del sistema, registros algorítmicos de funcionamiento, los parámetros de configuración y sus modificaciones, y la evidencia de las medidas de supervisión humana durante el plazo mínimo señalado en esta norma. Esta fue desarrollada a detalle en la propuesta de modificación del artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM (sección 4.4).

Plazo: cinco (5) años desde la fecha de generación de cada registro. **Forma**: soporte digital con respaldo conforme a estándares de integridad documental. **Consecuencia del incumplimiento**: infracción al deber de conservación documental, con sanciones graduadas según la afectación a la fiscalización.

4.7.3. Obligación tercera: documentación técnica del sistema

Basado en el artículo 11 del Reglamento europeo, el titular deberá mantener documentación técnica del sistema de IA, que incluye su arquitectura, los datos utilizados para el entrenamiento, las métricas de rendimiento aplicadas durante la validación y las limitaciones conocidas del modelo. Dicha documentación es indispensable para que el OEFA pueda comprender cómo opera el sistema y evaluar la fiabilidad de los datos que produce.

Plazo: vigencia mientras el sistema se encuentre en operación y durante cinco (5) años después del retiro de este. **Forma**: expediente técnico actualizable, con identificación de versiones y fechas de actualización. **Consecuencia del incumplimiento:** infracción al deber

de documentación técnica, con sanción graduada según la criticidad ambiental del proceso involucrado.

4.7.4. Obligación cuarta: designación formal de responsable de supervisión algorítmica

Basada en el artículo 14 del Reglamento europeo y en los niveles III y IV de la Directive canadiense, esta obligación exige la designación de personal capacitado con la autoridad y las herramientas técnicas necesarias para intervenir en el funcionamiento del sistema. Este debe registrarse ante el OEFA con régimen de responsabilidad funcional definido y debe contar con protocolos claros para actuar cuando se detecten anomalías. Esta obligación es diferente en cierto sentido a la del modelo europeo dado que no basta con que exista personal técnico, sino que este además debe contar con competencia formal asignada.

Plazo: designación previa al inicio de operación del sistema; actualización dentro de los quince (15) días siguientes a cualquier cambio. **Forma:** comunicación formal al OEFA con el responsable identificado, currículum y descripción de funciones. **Consecuencia del incumplimiento:** la operación sin responsable designado debe ser considerada como un factor agravante al momento de valorar la sanción ambiental ocurrida durante el periodo, de acuerdo con la propuesta 4.6.

4.7.5. Obligación quinta: notificación de cambios sustanciales del sistema

Basado en la lógica detrás de la vigilancia post-comercialización establecida en el artículo 72 del Reglamento europeo, el titular deberá notificar al OEFA cualquier cambio de proveedor del sistema de IA o actualización sustancial del modelo. Se entiende por actualización sustancial aquella que modifica la lógica de procesamiento de datos ambientales, los umbrales de detección de anomalías o los criterios de generación de alertas. Esta obligación tiene como objetivo mantener la continuidad de la información disponible para la autoridad fiscalizadora y evitar que cambios técnicos pasen desapercibidos por el regulador.

Plazo: treinta (30) días calendario desde la implementación del cambio. **Forma:** comunicación escrita al OEFA con descripción técnica del cambio y evaluación de su impacto sobre la fiscalización. **Consecuencia de incumplimiento:** infracción al deber de información oportuna, con sanción agravada si la omisión afecta la determinación de una infracción ambiental.

4.8. Escenarios de aplicación práctica

La aplicación de las propuestas normativas se puede ilustrar mediante dos escenarios que proyectan los casos mencionados en el Capítulo III sobre un contexto de adopción de inteligencia artificial. Estos escenarios demuestran la manera en que las obligaciones propuestas operarían en la práctica y qué diferencia habrían generado en la capacidad del OEFA para investigar cada caso. Como un complemento a esta aplicación práctica, el Anexo A de este trabajo contiene un modelo concreto de documento que un titular minero podría hipotéticamente presentar al OEFA bajo el régimen propuesto, integrando las cinco obligaciones legales mínimas en un caso ficticio pero realista (Compañía Minera Andina S.A.A., Unidad Minera Quellaverde, plataforma ABB Ability Genix Ambiental). Dicho anexo permite verificar la viabilidad práctica de las propuestas y constituye un modelo de forma directamente utilizable por el regulador.

4.8.1. Escenario uno: caso Antamina con sistema de IA

En el primer escenario, se considera una empresa que opera un sistema de IA para monitorear continuamente sus efluentes y que experimenta una falla del modelo de detección de anomalías. Si la empresa operara con las obligaciones de trazabilidad propuestas, la falla generaría automáticamente registros que permitirían al OEFA reconstruir la secuencia completa de eventos: qué datos recibió el sistema, cómo los procesó, qué alertas se generaron o dejaron de generar, y qué acciones tomó el personal de supervisión en respuesta. La investigación del OEFA sería más eficiente y sus conclusiones más sólidas desde el punto de vista probatorio.

4.8.2. Escenario dos: caso Gold Fields con supervisión humana documentada

En el segundo escenario, basado en la minera Gold Fields, la supervisión humana efectiva habría operado como mecanismo de detección temprana. Un operador capacitado en el sistema que revisa periódicamente los resultados del sistema tiene acceso a sus parámetros internos y comprende la lógica de sus decisiones y está en condiciones de detectar desviaciones sistemáticas antes de que se acumulen impactos significativos en los cuerpos de agua. La existencia de este mecanismo, documentado de acuerdo con las obligaciones propuestas, podría operar como un atenuante en la valorización de la sanción, demostrando que la empresa actuó con la diligencia exigible en la supervisión de sus herramientas tecnológicas.

4.9. Síntesis de la propuesta

La propuesta de este capítulo puede sintetizarse en tres cambios coordinados que reflejan las tres deficiencias normativas identificadas en el Capítulo III.

El primer cambio cierra la opacidad documental. Hoy el titular minero tiene la obligación general de monitorear y controlar sus operaciones y de poner la documentación correspondiente a disposición del OEFA, pero el régimen no exige que conserve los registros del algoritmo que procesa los datos ambientales. La modificación del artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM extiende esta obligación a la documentación técnica del sistema, sus parámetros de configuración, sus registros automáticos de funcionamiento y la evidencia de supervisión humana ejercida sobre él. El plazo de conservación es de cinco años, que excede el plazo de prescripción de cuatro años de la potestad sancionadora del OEFA y asegura la disponibilidad de los registros durante todo ese periodo.

El segundo cambio cierra la opacidad procedimental. Hoy las facultades del OEFA se encuentran redactadas en términos generales de requerimiento de información, pero no contemplan expresamente la posibilidad de exigir documentación técnica de sistemas de inteligencia artificial. Este cambio reglamentario reconoce esta facultad de manera explícita, evitando así que un administrado pueda cuestionar la legitimidad del requerimiento por considerarlo fuera del ámbito de las competencias del organismo.

El tercer cambio cierra la opacidad de incentivos. Hoy el régimen sancionador trata de la misma forma al que opera sus sistemas de IA con supervisión humana documentada y al titular que los opera sin ningún control de por medio. La modificación de la Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD introduce esta diferencia como criterio de graduación: la ausencia o insuficiencia de supervisión humana actúa como agravante; la existencia de un programa documentado de gobernanza algorítmica opera como atenuante. La consecuencia es un alineamiento entre el cumplimiento ambiental y el incentivo económico del titular.

Los tres cambios operan de manera complementaria. La trazabilidad sin facultad expresa de requerimiento se vuelve forma: el titular conserva, pero el regulador no puede pedir. La facultad expresa sin trazabilidad obliga al regulador a pedir lo que no existe. Ambos elementos sin un mecanismo de incentivos sancionadores adecuados producen un sistema que premia la opacidad. La articulación de los tres es lo que finalmente permite que la fiscalización cuente con eficacia frente a procesos de monitoreo intermediados por inteligencia artificial.

Una característica final de la propuesta merece ser destacada. Ninguna de las tres modificaciones requiere de ley formal del Congreso de la República. Las dos que recaen sobre normativa reglamentaria del OEFA pueden implementarse mediante Resolución del Consejo Directivo en plazos breves. La que recae sobre el Decreto Supremo del Ministerio de Energía y Minas requiere de un Decreto Supremo multisectorial con refrendo conjunto del Ministerio de Energía y Minas y del Ministerio del Ambiente, instrumento cuyo procedimiento de aprobación es también significativamente más ágil que un trámite legislativo. Esta característica hace que la propuesta planteada sea una respuesta institucionalmente realista a un problema existente y que continuará amplificándose con el cronograma de implementación gradual del Reglamento de la Ley N.º 31814 hasta el año 2028.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Conclusión 1: La responsabilidad objetiva del titular minero no se altera por el uso de inteligencia artificial

La premisa central de este trabajo, sostenida desde la doctrina nacional hasta el análisis comparado, es que la incorporación de sistemas de inteligencia artificial en los procesos de monitoreo ambiental no modifica la posición jurídica del titular minero. El régimen de responsabilidad administrativa objetiva consagrado en el artículo 18 de la Ley N.º 29325 (modificado por la Ley N.º 30011), complementado por la responsabilidad civil objetiva del artículo 144 de la Ley N.º 28611 y el régimen general del Texto Único Ordenado de la Ley N.º 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N.º 006-2026-JUS, permanece plenamente aplicable. Como sucede con cualquier otro proveedor, contratista o herramienta tecnológica, la IA es un medio en la cadena de cumplimiento; no es ni puede ser un sujeto de responsabilidad. Esta posición se confirma por la confluencia normativa internacional: ni la Unión Europea, ni Canadá, ni Chile han considerado pertinente agravar la responsabilidad del operador por la mera intervención de un sistema automatizado. La tesis contraria, además de ser dogmáticamente inviable, debilitaría el principio de internalización de costos del derecho ambiental peruano y los incentivos de prevención que sostienen la fiscalización.

Conclusión 2: El marco normativo vigente presenta tres deficiencias normativas concretas

El análisis sistemático del régimen peruano permite identificar tres deficiencias normativas específicas que comprometen la eficacia de la fiscalización ambiental cuando interviene el sistema de IA en el monitoreo. La primera es la ausencia de obligaciones de trazabilidad algorítmica en el artículo 18 del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM, cuya redacción presupone procesos de medición humanos o habituales. La segunda es la ausencia de una mención expresa, en la Ley N.º 29325 o en su normativa reglamentaria, de la facultad del OEFA para requerir documentación técnica de sistemas de IA, mención que, si bien dicha facultad ya se encuentra comprendida en sus potestades generales de supervisión y fiscalización, reforzaría la seguridad jurídica con respecto al alcance de los requerimientos. La tercera es la inexistencia de criterios de supervisión humana sobre decisiones automatizadas en la Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD, lo que iguala el tratamiento sancionador del titular que actúa diligentemente al del titular opaco, generando un escenario de riesgo moral al desincentivar la inversión en gobernanza algorítmica.

Conclusión 3: El derecho comparado ofrece soluciones jurídicas concretas y replicables

La revisión del Reglamento (UE) 2024/1689, la Directive on Automated Decision-Making de Canadá y el régimen de fiscalización ambiental chileno demuestran que existen disposiciones normativas concretas, establecidas dentro de textos legales vigentes, cuya estructura puede replicarse o adaptarse al ordenamiento peruano. Los artículos 11, 12, 13, 14, 26, y 72 del Reglamento europeo aportan obligaciones detalladas de documentación técnica, conservación de registros, transparencia, supervisión humana, obligaciones del responsable del despliegue y vigilancia post-comercialización. La Directive canadiense ofrece el principio de graduación por niveles de impacto y la Algorithmic Impact Assessment como requisito previo. El régimen chileno aporta la facultad expresa del regulador para requerir información técnica sobre los sistemas de monitoreo y la incorporación de la diligencia operativa como una variable sancionadora. Las propuestas de este trabajo son de viabilidad práctica.

Conclusión 4: Las propuestas normativas son constitucionalmente viables y técnicamente proporcionales

El análisis constitucional desarrollado en la sección 4.2 demuestra que las tres propuestas planteadas en este trabajo son compatibles con el principio de reserva de ley, proporcionalidad y libertad de empresa. No crean nuevas infracciones ni amplían el catálogo sancionador, sino que desarrollan de forma reglamentaria una serie de obligaciones ya existentes; superan la prueba de proporcionalidad en sus tres niveles (idoneidad, necesidad y

proporcionalidad en sentido estricto); y operan como un mecanismo de nivelación competitiva sin afectar el núcleo de la libertad de empresa. La distribución jerárquica de los vehículos normativos (Decreto Supremo multisectorial MINEM-MINAM para la primera propuesta, Resolución del Consejo Directivo del OEFA para la segunda y tercera) refleja correctamente la naturaleza de cada modificación y no requiere ley formal del Congreso de la República.

Conclusión 5: La minería debería ser clasificada como sector de alto riesgo en el reglamento de la Ley N.º 31814

Una conclusión adicional, proveniente del análisis de la Ley N.º 31814 y su Reglamento, es que la clasificación sectorial vigente no incluye a la minería a pesar de que el monitoreo ambiental en este sector incide directamente sobre derechos fundamentales (salud, ambiente, vida) y sobre la integridad de ecosistemas críticos. La inclusión expresa de la minería entre los sectores de alto riesgo, mediante reforma del Decreto Supremo N.º 115-2025-PCM, facilitaría la aplicación directa de las obligaciones reforzadas previstas en el régimen general de IA y ahorraría la necesidad de contar con reformas sectoriales específicas. Si bien las propuestas de este trabajo se diseñan para ser viables bajo la clasificación actual, una eventual reforma del Reglamento de la Ley de IA en este sentido se podría considerar como una solución estructuralmente más coherente.

Conclusión 6: Reflexión final sobre la función del derecho frente a la transformación tecnológica

La transformación tecnológica del monitoreo ambiental no requiere un nuevo modelo del derecho administrativo sancionador, pero sí exige adaptaciones específicas que ayuden al Estado a preservar su función de control. La idea que se plasma a través de todo este trabajo es que la mejor regulación de la inteligencia artificial en sectores regulados no consiste en crear un régimen paralelo sino en integrar herramientas de trazabilidad, transparencia y supervisión humana en las normas sectoriales ya existentes. Esta integración debe ser proporcional al riesgo, técnicamente exigible al regulador y compatible con la libertad económica. El Perú se encuentra en una posición favorable para poder adoptar este enfoque: cuenta con un régimen de responsabilidad objetiva consolidado, con un regulador ambiental con capacidades institucionales y una ley general de IA que provee los principios necesarios. Las tres propuestas formuladas en este trabajo buscan articular esos elementos en obligaciones jurídicas concretas, ejecutables en el corto plazo y sin requerir de reformas legales mayores.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Recomendaciones al Ministerio de Energía y Minas

Se recomienda al Ministerio de Energía y Minas iniciar el proceso de modificación del Decreto Supremo N.º 040-2014-EM para incorporar la obligación de trazabilidad algorítmica al artículo 18, mediante Decreto Supremo multisectorial con refrendo conjunto del Ministerio del Ambiente. La modificación debería tomar como referencia los artículos del Reglamento europeo y los plazos de conservación documental previstos en los mismos, ajustados a las condiciones del mercado peruano. Se recomienda también prever un periodo transitorio razonable (no menor de seis meses) para que los titulares mineros adecuen sus sistemas de gestión documental a las nuevas obligaciones.

5.2.2. Recomendaciones al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Se recomienda al Consejo Directivo del OEFA emitir dos resoluciones complementarias. La primera, para precisar reglamentariamente, dentro del alcance de las facultades ya reconocidas por la Ley N.º 29325, la habilitación expresa para requerir documentación técnica sobre sistema de inteligencia artificial de acuerdo con lo desarrollado en la sección 4.5 de este trabajo. La segunda, para modificar la Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD e incorporar los criterios de supervisión humana y trazabilidad algorítmica en la graduación de la sanción de acuerdo con lo desarrollado en la sección 4.6. Se recomienda también al OEFA elaborar y publicar guías técnicas que orienten a los administrados sobre el contenido y formato de la documentación técnica exigible, lo que favorecerá el cumplimiento y reducirá la litigiosidad.

5.2.3. Recomendaciones a la Presidencia del Consejo de Ministros

Se recomienda a la Presidencia del Consejo de Ministros evaluar la modificación del Decreto Supremo N.º 115-2025-PCM con el objetivo de incluir de manera expresa el monitoreo ambiental de actividades extractivas entre los usos de IA clasificados como de alto riesgo. Esta inclusión es coherente con el principio de proporcionalidad respecto del riesgo (los impactos ambientales de la minería pueden ser irreversibles y afectar derechos fundamentales) y armonizaría el Reglamento peruano con el enfoque adoptado por el Reglamento (UE) 2024/1689.

5.2.4. Recomendaciones a los titulares mineros

Se recomienda a los titulares mineros que operan sistemas de inteligencia artificial en sus procesos de monitoreo ambiental, anticipar la implementación de las obligaciones propuestas como buena práctica corporativa, con independencia de su entrada en vigor formal. La adopción anticipada genera tres ventajas principales. Primera, reduce el riesgo de exposición sancionadora cuando las obligaciones entren en vigor. Segunda, fortalece la posición probatoria de la empresa frente a eventuales investigaciones administrativas. Tercera, alinea las prácticas internas con los estándares del Reglamento europeo, lo cual facilita el acceso a financiamiento internacional y a cadenas de valor que exigen estándares de gobernanza algorítmica.

5.2.5. Recomendaciones para investigación futura

Tres líneas de investigación quedan abiertas a partir de este trabajo. La primera es el desarrollo de criterios para la evaluación del impacto algorítmico aplicada al sector minero peruano, en la línea de la Algorithmic Impact Assessment canadiense, considerando las especificaciones del monitoreo ambiental extractivo. La segunda es el análisis de los regímenes de responsabilidad civil extracontractual aplicables cuando la falla algorítmica genere daños ambientales que exceden el ámbito sancionador, problema que ha sido excluido de este trabajo. La tercera es el estudio comparado del régimen aplicable a otros sectores donde la IA está siendo incorporada (energía, transporte, agricultura, industria y más), con miras a poder evaluar si la lógica de estas propuestas es replicable en esos contextos.

REFERENCIAS

Adams-Prassl, J. (2022). Regulating algorithms at work: Lessons for a 'European approach to artificial intelligence'. European Labour Law Journal, 13(1), 30-50. https://intrechtdok.de/servlets/MCRFileNodeServlet/mir_derivate_00011775/10.1177_20319525211062558.pdf

Alvia, E. (2025, marzo). *Inteligencia artificial en minería*. EY Perú. https://www.ey.com/es_pe/insights/revista-execution/disrupcion/inteligencia-artificial-industria-minera

Anglo American Perú. (s.f.). *El Centro Integrado de Operaciones, el "cerebro" de Quellaveco, está en funcionamiento*. Recuperado el 25 de junio de 2026, de https://peru.angloamerican.com/es-es/innovacion/future-smart-mining/el-centro-integrando-de-operaciones-el-cerebro-de-quellaveco-esta-en-funcionamiento

Antamina. (2021). *Reporte de Sostenibilidad 2020*. https://www.antamina.com/reporte-sostenibilidad-2020/

Banco Central de Reserva del Perú. (2023). Memoria Anual 2023. BCRP.

Danós Ordóñez, J. (1995). Notas acerca de la potestad sancionadora de la administración pública. Ius et Veritas, (10), 149-160.

Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, 7 de junio de 2017 (Perú).

Decreto Supremo N.º 006-2026-JUS. Texto Único Ordenado de la Ley N.º 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, 30 de abril de 2026 (Perú).

Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas, 21 de agosto de 2010 (Perú).

Decreto Supremo N.º 040-2014-EM. Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero, 12 de noviembre de 2014 (Perú).

Decreto Supremo N.º 115-2025-PCM. Reglamento de la Ley N.º 31814, 9 de septiembre de 2025 (Perú). https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2436426-1

Defensoría del Pueblo. (2023). Reporte de Conflictos Sociales N.º 241. Defensoría del Pueblo del Perú.

Department of Industry, Science and Resources. (2019). Australia's AI Ethics Framework. Australian Government. https://www.industry.gov.au/publications/australias-ai-ethics-principles

Departamento Nacional de Planeación. (2019). CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. DNP. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf

Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales. Diario Oficial de la Unión Europea L 143.

EY Perú. (2024). Nuevos horizontes de la madurez digital: adopción de IA en el sector minero peruano. Ernst & Young.

Garrigues. (2025). Perú: Se aprueba el reglamento de la Ley que promueve el uso de la inteligencia artificial. https://www.garrigues.com/es_ES/noticia/peru-aprueba-reglamento-ley-promueve-uso-inteligencia-artificial-favor-desarrollo-economico

Guidotti, R., Monreale, A., Ruggieri, S., Turini, F., Giannotti, F., & Pedreschi, D. (2018). A survey of methods for explaining black box models. ACM Computing Surveys, 51(5), Article 93. https://doi.org/10.1145/3236009

Guzmán Napurí, C. (2013). Manual del procedimiento administrativo general. Pacífico Editores.

Huapaya Tapia, R., Sánchez Povis, L. y Alejos Guzmán, O. (2018) El eximente de responsabilidad por subsanación voluntaria en la Ley del Procedimiento Administrativo General. En VIII Congreso Nacional de Derecho Administrativo (pp.581-64). Palestra Editores.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). Cuentas Nacionales del Perú: PBI por actividad económica. INEI. https://www.inei.gob.pe/

Inspenet. (2025). *Tecnologías emergentes en el drenaje ácido de minas*. https://inspenet.com/en/articles/acid-mine-drainage-emerging-technologies/

Ipenza Peralta, C. A. (2018). Manual de delitos ambientales: una herramienta para operadores de justicia ambiental. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales y Sea Shepherd Legal.

Ley N.º 20.417. Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, 26 de enero de 2010 (Chile). https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1010459

Ley N.º 28271. Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, 6 de julio de 2004 (Perú).

Ley N.º 28611. Ley General del Ambiente, 15 de octubre de 2005 (Perú).

Ley N.º 29325. Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 5 de marzo de 2009 (Perú).

Ley N.º 30011. Ley que modifica la Ley N.º 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 26 de abril de 2013 (Perú).

Ley N.º 31814. Ley que promueve el uso de la inteligencia artificial en favor del desarrollo económico y social del país, 5 de julio de 2023 (Perú). https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2192926-1

Morón Urbina, J. C. (2019). Comentarios a la Ley del Procedimiento Administrativo General. Texto Único Ordenado de la Ley N.º 27444 (14. ª ed.). Gaceta Jurídica

Neyra Cruzado, C.A. (2018). Las condiciones eximentes de responsabilidad administrativa en el Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General y su incidencia en la legislación ambiental. Derecho PUCP, (80), 333-360. https://orcid.org/0000-0002-3544-8687

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence (OECD/LEGAL/0449). OCDE. https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). El derecho administrativo sancionador ambiental: experiencias en Colombia, España y Perú. Ponencias del I Seminario Internacional del OEFA. OEFA. https://repositorio.oefa.gob.pe/items/4d1e9fce-7e97-4acc-af18-6f70b76a57d5

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (s.f.). Portal de datos abiertos de fiscalización ambiental. Recuperado el 5 de mayo de 2026, de https://www.oefa.gob.pe/datos-abiertos/

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2013). Resolución Directoral N.º 262-2013-OEFA/DFSAI. Procedimiento administrativo sancionador contra Compañía Minera Antamina S.A. OEFA.

Poder Judicial del Perú. Casación N.º 28097-2017-Lima. Corte Suprema de Justicia de la República.

Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial. Diario Oficial de la Unión Europea L 2024/1689, 12 de julio de 2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32024R1689

Resolución de Consejo Directivo N.º 006-2018-OEFA/CD. Tipificación de infracciones y escala de sanciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Perú).

Resolución de Consejo Directivo N.º 027-2017-OEFA/CD. Reglamento del Procedimiento Administrativo Sancionador del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Perú).

Revista Minería. (s.f.). *¿Cuáles son los desafíos de la minería peruana con la Inteligencia Artificial*. Recuperado el 25 de junio de 2026, de https://revistamineria.com.pe/actualidad/cuales-son-los-desafios-de-la-mineria-peruana-con-la-inteligencia-artificial

Treasury Board of Canada Secretariat. (2019). Directive on Automated Decision-Making. Government of Canada. https://www.tbs-sct.canada.ca/pol/doc-eng.aspx?id=32592

Williams, R. A. (2022). Rethinking administrative law for algorithmic decision making. Oxford Journal of Legal Studies, 42(2), 468-494. https://doi.org/10.1093/ojls/gqab032

ANEXO A

Modelo de declaración de implementación de sistema de inteligencia artificial en monitoreo ambiental minero

Caso ficticio elaborado para ilustrar la aplicación práctica de las cinco obligaciones legales mínimas formuladas en la sección 4.7. Los datos del titular minero y de la operación son ficticios.

1. Identificación del titular y la unidad fiscalizable

Razón social	Compañía Minera Andina S.A.A.
RUC	20XXXXXXXXX
Representante legal	[Nombre], DNI N.º XXXXXXXX, Gerente General
Unidad fiscalizable	U.M. Quellaverde (código UF-XXXXX), Apurímac. Cobre. Etapa: explotación y beneficio. Capacidad: 85,000 TMD
Instrumento de gestión ambiental	EIA-d aprobado por RD N.º XXX-20XX-MINEM/DGAAM

2. Sistema de inteligencia artificial declarado

Denominación	ABB Ability Genix Ambiental, versión 3.2.1
Proveedor	ABB Inc., representado en Perú por ABB S.A. (RUC 20XXXXXXXXX). Contrato: 5 años con renovación tácita
Modalidad	Plataforma cloud privada con redundancia local (edge computing)
Fecha prevista de operación	15 de junio de 2026 (declaración presentada con 30 días de antelación)
Funciones en el monitoreo	Integración de sensores, detección de anomalías (modelo LSTM), predicción de excedencias a 24-72 h (XGBoost), generación de reportes al OEFA vía Módulo IMA
Alcance respecto del monitoreo tradicional	El sistema no reemplaza los equipos de medición ni los laboratorios certificados. Opera como capa de análisis sobre los datos generados por sensores aprobados en el EIA-d
Entrenamiento y validación	480 millones de registros de 12 unidades mineras análogas (Chile, Australia, Canadá, Perú), anonimizados. Recalibración local con 36 meses de datos propios antes de la operación
Métricas validadas	Detección de anomalías: F1-score 0.90 (umbral 0.82). Predicción: falsos negativos a 24 h 4.1% (umbral 5%)
Limitaciones declaradas	(i) requiere 12 meses de datos locales para rendimiento óptimo; (ii) precisión menor en eventos de precipitación extrema; (iii) no sustituye análisis de laboratorio acreditados

Nivel de impacto (AIA)	Nivel III (impacto alto), por reversibilidad limitada, criticidad de parámetros y proximidad a comunidades

3. Responsable de supervisión algorítmica y régimen de control

Responsable designado	Ing. [Nombre], Ingeniero Ambiental con maestría en IA aplicada a procesos industriales. CIP N.º XXXXXX. Cargo: Jefe de Monitoreo Ambiental Algorítmico
Línea de reporte	Gerente de Medio Ambiente, con escalamiento al Gerente General y al Comité de Gobernanza Algorítmica
Autoridad funcional	Suspender el uso del sistema; ordenar rollback; paralizar reportes no confiables; elevar incidencias al Comité
Supervisión previa al despliegue	Revisión técnica del proveedor, validación de la calibración local, registro de riesgos y aprobación del Comité
Supervisión durante la operación	Equipo permanente de 3 ingenieros ambientales en turnos de 12 horas, supervisión 24/7. Revisión de cada alerta automática y auditoría aleatoria del 20% de datos diarios
Gobernanza estratégica	Comité de Gobernanza Algorítmica (Gerencia General, Medio Ambiente, Operaciones, responsable de supervisión y asesor independiente). Sesiones trimestrales

4. Protocolo de respuesta ante anomalías

Nivel	Tipo de anomalía	Plazo	Acción
I	Alerta predictiva sin excedencia	4 horas	Revisión técnica, ajuste preventivo, registro en bitácora
II	Aproximación a umbrales reglamentarios	1 hora	Verificación independiente, intervención operativa, comunicación al OEFA dentro de 24 horas
III	Excedencia de LMP o ECA confirmada	30 minutos	Plan de Contingencia Ambiental, comunicación inmediata al OEFA, suspensión operativa

5. Compromisos del titular

Conservación de registros	5 años en formato digital con respaldo cifrado distribuido: documentación técnica, logs, parámetros, modificaciones e intervenciones humanas. A disposición del OEFA en el plazo y formato que requiera
Notificación de cambios sustanciales	30 días calendario: cambio de proveedor, arquitectura, algoritmo, umbrales, criterios de alerta, responsable de supervisión o plan de supervisión. En incidente operativo grave: 24 horas

6. Declaración jurada

El representante legal de Compañía Minera Andina S.A.A., bajo juramento, declara que la información presentada es verdadera, completa y precisa; que la Compañía asume su responsabilidad administrativa objetiva conforme al artículo 18 de la Ley N.º 29325 y al TUO de la LPAG (DS N.º 006-2026-JUS), con independencia de la intervención del sistema declarado; que el uso de inteligencia artificial no atenúa, transfiere ni modifica esa responsabilidad ni la condición de único obligado de la Compañía frente al OEFA, sin perjuicio de las causales eximentes del artículo 236-A del TUO de la LPAG; que cumplirá oportunamente con los requerimientos de información técnica que el OEFA formule; y que presentará las actualizaciones de esta declaración conforme al plan de notificación de cambios.

Lima, [día] de [mes] de 2026.

[Representante legal]	**Ing. [Nombre]**
Gerente General · DNI N.º XXXXXXXX	Responsable de Supervisión Algorítmica · CIP N.º XXXXXX