



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

ESTÁNDARES ASG: PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD PARA EMPRESAS DE LA GRAN MINERÍA EN CHILE

DIEGO IGNACIO ARANCIBIA GONZÁLEZ

PROFESOR(ES) GUÍA: ALEX GODOY

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGISTER EN GESTIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

SANTIAGO – CHILE
2024



ESTÁNDARES ASG: PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD PARA EMPRESAS DE LA GRAN MINERÍA EN CHILE

POR: DIEGO IGNACIO ARANCIBIA GONZÁLEZ

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: Alex Godoy

PROFESOR INTEGRANTE 1: Diego Rivera

PROFESOR INTEGRANTE 2: Felipe Mora

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Gestión de la Sustentabilidad,

Enero, 2024

Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: **TITULO DE TESIS DE MAGISTER**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría (o co-autoría) y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.

DIEGO IGNACIO ARANCIBIA
GONZÁLEZ Firma

DIEGO IGNACIO ARANCIBIA
GONZÁLEZ
Firma

Dedicado a...

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios y a mi persona por estar siempre conmigo a pesar de la dificultad que esto implique, y permitir darme una oportunidad de reconocer lo que tengo ante la vista para que se manifieste lo que esta oculto, teniendo en cuenta que nada hay escondido que no llegue a ser manifiesto.

Agradezco a Hector Gutierrez (DH), mis Padres (Mario y Clarita), hermanos (Martín e Isis), y a los que gané en esa misma calificación, quienes a través de su propia mística han sido testigos de mi caminar en los pasajes del conocimiento, el cual mediante el compartir de sus experiencias he logrado continuar y esclarecer con el pasar de lo que llamamos tiempo.

Agradecer a mi compañera de vida, Isabella Carpanetti, quien ha sido resiliente al forjar de la templanza en mi proceso de desarrollo.

Finalmente agradezco a Tesla y Platón, los cuales desde la simpleza del amor incondicional me han acompañado durante mis noches de trabajo.

ESTÁNDARES ASG: PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD PARA EMPRESAS DE LA GRAN MINERÍA EN CHILE

Diego Ignacio Arancibia González

Bajo la supervisión del Profesor Alex Godoy, PhD, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

El siguiente trabajo es una propuesta de un Índice de Sostenibilidad Ambiental, Social y Gobernanza (ISASG), el cual a través del planteamiento de un modelo sistémico socio técnico conceptual, permite visualizar la interacción e integración de indicadores de sostenibilidad para la gran minería en Chile. El objetivo de esta investigación es proponer una herramienta de gestión de la sostenibilidad considerando los actuales estándares ASG (Ambiental, Social y Gobernanza). Para lograrlo es necesario: Revisar el estado del arte respecto a sostenibilidad, estándares ASG, indicadores e índices de sostenibilidad en sistemas mineros; Caracterizar los factores asociados a los indicadores de sostenibilidad mediante una metodología mixta consistente en entrevistas semiestructuradas aplicadas a un panel de expertos, la cual es complementada con métodos de ponderación y agregación de datos; Establecer un modelo sistémico y socio técnico a nivel conceptual que incorpore los indicadores, para finalmente diseñar y operativizar el ISASG como herramienta de gestión de sostenibilidad mediante un algoritmo de modelo matemático de integración, que identifique etapas para ingreso de datos, entregar un valor numérico y una escala de desarrollo sostenible, representando el estado de la sostenibilidad en sistemas mineras considerando los actuales estándares ESG. Palabras clave: Índice; Modelo sistémico socio técnico; Desarrollo sostenible; Indicadores; Sostenibilidad; ISASG; Estándares ASG.

HIGHLIGHTS

ESTÁNDARES ASG: PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD PARA EMPRESAS DE LA GRAN MINERÍA EN CHILE

Diego Ignacio Arancibia González

- Objetivo
 - Proponer una herramienta de gestión de sostenibilidad para empresas de la gran minería del cobre en Chile.
- Metodología uno
 - Caracterización de factores asociados a los indicadores de sostenibilidad.
- Metodología dos
 - Diseñar y operativizar un índice de sostenibilidad para empresas de la gran minería en Chile.
- Principal resultado
 - Se elaboró el algoritmo del modelo matemático de integración, identificando cada una de las etapas para el ingreso de información, entregando un valor numérico que, apoyado con una escala de desarrollo sostenible, representará el nivel de sostenibilidad de la empresa minera.
- Principal conclusión
 - La herramienta de gestión de sostenibilidad confirma que el índice y los indicadores de sostenibilidad revelan sin dudas, una importante información del estado del desempeño ambiental de una organización, y describe mediante un algoritmo simple las instrucciones para realizar evaluaciones de sostenibilidad.

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	11
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GENERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	METODOLOGÍA	18
3.1	REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	18
3.2	CARACTERIZACIÓN DE FACTORES ASOCIADOS A LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	18
3.3	ESTABLECIMIENTO DEL MODELO SISTÉMICO Y SOCIO TÉCNICO CONCEPTUAL	30
3.4	DISEÑAR Y OPERATIVIZAR UN ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD PARA EMPRESAS DE LA GRAN MINERÍA EN CHILE. 37	
4	RESULTADOS.....	42
4.1	ESTADO DEL ARTE	42
4.1.1	<i>Sostenibilidad</i>	42
4.1.2	<i>Sostenibilidad de los sistemas mineros</i>	46
4.1.3	<i>Indicadores de sostenibilidad</i>	50
4.1.4	<i>Índices de sostenibilidad</i>	55
4.2	FACTORES ASOCIADOS A LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD.....	57
4.3	MODELO SISTÉMICO Y SOCIO TÉCNICO CONCEPTUAL	80
4.4	ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD PARA EMPRESAS DE LA GRAN MINERÍA EN CHILE	87
5	DISCUSIÓN.....	92
5.1	REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	92
5.2	CARACTERIZACIÓN DE FACTORES ASOCIADOS A LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	93
5.3	ESTABLECIMIENTO DEL MODELO SISTÉMICO Y SOCIO TÉCNICO CONCEPTUAL	95
5.4	DISEÑAR Y OPERATIVIZAR UN ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD PARA EMPRESAS DE LA GRAN MINERÍA EN CHILE. 97	
6	CONCLUSIÓN	100
7	BIBLIOGRAFÍA	103
8	ANEXOS	115
8.1	ENTREVISTAS FACTORES CRÍTICOS	115
8.2	ENTREVISTAS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	115

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

TABLA 3-1: LISTADO DE FACTORES POR DIMENSIÓN Y FUENTE DE INFORMACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	21
TABLA 3-2: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	24
TABLA 3-3: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE FACTORES ASOCIADOS A CADA INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	25
TABLA 3-4: CLASIFICACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD SEGÚN IDAS E ICA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	35
TABLA 3-5: CLASIFICACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD SEGÚN IDAS E ICA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	36
TABLA 3-6: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS PARA EL VALOR DEL ORDEN DE IMPORTANCIA ASOCIADO A CADA INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	39
TABLA 4-1: LISTADO DE FACTORES POR DIMENSIÓN Y FUENTE DE INFORMACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	58
TABLA 4-2: LISTADO DE FACTORES POR DIMENSIÓN Y FUENTE DE INFORMACIÓN, CONTINUACIÓN TABLA VII (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	66
TABLA 4-3: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	69
TABLA 4-4: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE FACTORES ASOCIADOS A CADA INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	73
TABLA 4-5: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE FACTORES ASOCIADOS A CADA INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	82
TABLA 4-5: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE FACTORES ASOCIADOS A CADA INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	87
FIGURA 3-1: FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA AL PANEL DE EXPERTOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	23
FIGURA 3-2: RESUMEN ESQUEMÁTICO DE LA METODOLOGÍA APLICADA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	26
FIGURA 3-3: PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS INDICADORES E ÍNDICES DE SOSTENIBILIDAD Y SELECCIÓN DE MÉTODOS DE PONDERACIÓN Y AGREGACIÓN, PRIMERA ETAPA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	28
FIGURA 3-4: MODELO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE UNA ORGANIZACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	32
FIGURA 3-5: FORMATO DE SEGUNDA ENTREVISTA REALIZADA AL PANEL DE EXPERTOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	38
FIGURA 3-6: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE SOSTENIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	41
FIGURA 4-1: MODELO SISTÉMICO Y SOCIO TÉCNICO CONCEPTUAL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	81
FIGURA 4-2: MAPEO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN MODELO SISTÉMICO Y SOCIO TÉCNICO CONCEPTUAL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	85
FIGURA 4-2: ALGORITMO DEL MODELO MATEMÁTICO DE INTEGRACIÓN QUE EXPRESA LA OPERATIVIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE SOSTENIBILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	91

1 INTRODUCCIÓN

A fines de contextualizar, el desarrollo sostenible, como concepto, tuvo su origen con la publicación del informe “Nuestro Futuro Común” del año 1987, conocido a nivel internacional como el Informe Brundtland, el cual resume el trabajo de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de Naciones Unidas. Allí se define el desarrollo sostenible como “el progreso económico que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer el de las generaciones futuras” (WCED, 1987), reconociendo, a partir de esta definición, tres principios de desarrollo sostenible:

- Sostenibilidad económica, refleja el vínculo entre desarrollo económico y bienestar, haciendo necesario satisfacer las necesidades de la sociedad. Sin embargo, no es suficiente promover bienestar material inmediato a la sociedad si éste limita la posibilidad de alcanzar un nivel similar de bienestar en forma permanente. En ese sentido, el éxito radicaría en la capacidad de la sociedad para asignar de forma eficiente los recursos escasos.
- Sostenibilidad ambiental, vinculada con la ecología y la biofísica, ciencias que permiten esclarecer los mecanismos e interrelaciones por medio de los cuales es posible la vida que conocemos. El hombre se beneficia y goza de las bondades que la naturaleza provee, implicando en consecuencia proteger las formas de vida y los sistemas biofísicos que permiten la mantención de las funciones del planeta, de modo que el desarrollo sea viable en el futuro.
- Sostenibilidad social, referida comunmente a que los costos y beneficios del desarrollo deben ser distribuidos de manera adecuada, ya sea dentro de la población como entre las generaciones presentes y futuras, concibiendo el desarrollo humano como aumento permanente en la calidad de vida humana en forma equitativa (Anand y Sen, 2000). Por lo demás, implica la distribución de ingreso, equidad entre los géneros, equidad entre las razas, culturas y

entre las personas que habitan regiones o los territorios a nivel nacional, así como la equidad entre los países.

En el año 1998, con motivo de los diez años de la Cumbre de Río, nueve de las más grandes compañías mineras del mundo presentaron la Iniciativa Global de Minería (GMI), propuesta que busca asegurar que en el nuevo siglo la totalidad de las compañías mineras realicen su trabajo de explotación, de acuerdo a patrones de desarrollo sustentable que impacten en la menor medida posible el entorno. Según la GMI, la industria minera, a nivel mundial, enfrenta el desafío de superar las malas prácticas del pasado y debe prepararse mejor para el futuro (EMAMA, 2011).

El trabajo encargado al Instituto Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo (IIED) permitió la creación de la Iniciativa de Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible (MMSD), cuyo objetivo es evaluar la minería en términos de la transición al desarrollo sostenible, identificar cómo los servicios prestados pueden ser entregados de conformidad con el desarrollo sostenible en el futuro, proponer elementos claves para mejorar los sistemas mineros, y construir plataformas de análisis e involucramiento para la cooperación entre los grupos de interés relacionados a la minería, cuyo resultado fue el informe “Abriendo Nuevos Caminos”, en inglés *Breaking New Ground* (MMSD, 2002), presentado en la conferencia “Aprovisionar el Futuro”, en inglés *Resourcing the Future*, llevada a cabo en Toronto, en donde se identifican demandas por (i) mayores presiones económicas, (ii) mayores demandas de los gobiernos y las comunidades locales, (iii) mayor regulación ambiental, (iv) mayores exigencias de los empleados y (v) mayores exigencias de los consumidores. Las cuáles se han traducido en importantes cambios en los entornos competitivos de las empresas mineras, las cuales deben adaptarse y responder integralmente para garantizar la existencia del negocio en largo plazo.

En el contexto nacional, el cobre es, y ha sido por muchas décadas, la base de la economía en Chile. Sin embargo, como toda actividad productiva, causa impactos ambientales, sociales y económicos a nivel local, regional o global. Lo que ha obligado al sector productivo a ser más estricto en el cumplimiento de normativas y la

aplicación de metodologías que han sido probadas eficientemente en la evaluación de las interrelaciones entre los sistemas industriales de la producción, el producto y el medio ambiente, tales como Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), Producción Más Limpia (PML), Análisis del Ciclo de Vida (ACV), Diseño del Ciclo de Vida (DCV), Contabilidad de Costos Ambientales (CCA), Evaluación del Desempeño Ambiental (EDA), Informe Ambiental (IA), Gestión de la Cadena de Proveedores Verdes (CPV) (Neto 2007;Norgate et al. 2007), los lineamientos y estándares establecidos por: Consejo Internacional de Minería y Metales (International Council on Mining and Metals en inglés, acrónimo ICMM), las Normas Internacionales de Información Financiera (International Financial reporting Standards en inglés, acrónimo IFRS), la Iniciativa para la Responsabilidad Minera (Initiative for Responsible Mining Assurance en inglés, acrónimo IRMA), Corporación Financiera Internacional (International Finance Corporation en inglés, acrónimo IFC), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Organisation for Economic Co-operation and Development en inglés, acrónimo OECD), el Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con el Clima (Task Force on Climate-related Financial Disclosures en inglés, acrónimo TCFD), la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), el Reglamento de Gestión Minera y de Protección Ambiental (RGMP), el Pacto Mundial de las Naciones Unidas (United Nations Global Compact en inglés, acrónimo UNGC), los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos (UN Guiding Principles en inglés), las expectativas y requisitos establecidos por la Iniciativa para la Transparencia en las Industrias Extractivas ((Extractive Industries Transparency Initiative – EITI en inglés), la Huella Chile, la Junta de Normas de Contabilidad de Sostenibilidad (Sustainability Accounting Standards Board en inglés, acrónimo SASB), la presentación de memorias de sostenibilidad que promueve la Global Reporting Initiative (GRI), que durante los últimos 15 años ha impulsado con gran éxito la adopción de un marco común para la divulgación de información específica sobre sostenibilidad que es de interés de los principales tomadores de decisión, en inglés stakeholders, de

compañías de la gran minería del cobre en Chile, con el propósito de poder evaluar su desempeño ambiental, a través de la incorporación de acciones que apunten a la sostenibilidad mediante objetivos económicos, ambientales y sociales que demuestren una “triple cuenta de resultados” (GRI, 2006), y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Respecto de los ODS y cumpliendo el compromiso adquirido en 2015 con la adopción de la Agenda 2030, Chile dando cuenta de su adhesión a la hoja de ruta para el desarrollo sostenible e inclusivo; a los objetivos y metas comprometidas, y a los medios de implementación, seguimiento y rendición de cuentas, Chile dispone del Grupo Técnico Sectorial de Indicadores (GTI), que ha facilitado el seguimiento de los indicadores ODS mediante el uso de las metodologías acordadas a nivel internacional, avanza en los procesos de desagregación en grupos vulnerables y a nivel territorial. Sin embargo, el trabajo requiere ajustar sus procedimientos para dar lugar a la rendición de cuentas anualmente, la formación de capacidades e identificar indicadores adicionales, que permitan un mejor seguimiento y aportar al diseño de medidas pertinentes a la realidad nacional y subnacional (Chile Agenda 2030, 2023).

Conforme a lo anteriormente expuesto, se acredita la necesidad de tener en cuenta que la Agenda 2030 continúa siendo el modelo más claro de las aspiraciones más altas de la humanidad. Por lo mismo, cuando los historiadores escriban sobre el siglo XXI, juzgarán a los líderes y encargados de la formulación de políticas por el éxito obtenido para transformar este plan en realidad. En septiembre de 2015, cuando los líderes mundiales se reunieron para adoptar los ODS, declararon que “el futuro de la humanidad y de nuestro planeta está en nuestras manos”. A mitad del camino, estas palabras son más veraces que nunca. Ahora depende de todos nosotros garantizar que se alcancen los Objetivos de Desarrollo Sostenible, plenamente y a tiempo (ONU, 2023).

En las últimas décadas, tanto indicadores de medio ambiente como indicadores de sostenibilidad han experimentado gran auge y proliferación, sin embargo, hasta la

fecha resultan muy escasos los estudios sistemáticos de indicadores de sostenibilidad y medio ambiente en clave de escala, ya sean las dimensiones espaciales, temporales, cuantitativas o analíticas usadas para medir y estudiar un determinado fenómeno (Gibson et al., 2000).

Un diagnóstico preliminar de las empresas mineras asociadas al Consejo Minero, arrojó por resultado que éstas tienen capacidad y voluntad para implementar el concepto e iniciativas del desarrollo sostenible, por ende, faltaría determinar cómo medir su real contribución en términos económicos, sociales y ambientales, generar e implementar los mecanismos que permitan la operacionalización de este concepto (Álvarez, 2002). Tal herramienta serían sistemas de indicadores con los que se puede medir la contribución del sector minero al desarrollo sostenible, mediante su integración a un Índice de Sostenibilidad Ambiental, Social y Gobernanza (ISASG), el que siendo utilizado de forma aislada o bien en el seno de un sistema de indicadores, resulta de la combinación o agregación matemática de varios factores, teniendo como resultado final un número, que es de gran utilidad, ya que permite reducir un elevado número de datos en una cifra.

Ante esto, es posible medir la sostenibilidad mediante el uso de indicadores de sostenibilidad (IDS) (Rogers et al., 2007; McLellan et al., 2009; CEPAL, 2001; Bastante, 2006), teniendo en cuenta que son medidas de los impactos o efectos causados por la organización (AENOR, 2008), siendo a su vez una medida cuantitativa, cualitativa o descriptiva, cuyas principales funciones son la cuantificación, simplificación y la comunicación de aspectos económicos, sociales y ambientales (ISO, 2006).

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se propone la creación de un índice, bajo una mirada sistémica de las empresas mineras, integrando un sistema de indicadores bajo dimensiones del desarrollo sostenible, a manera de obtener un conjunto ordenado de factores, cuyo objetivo es proveer una visión totalizadora respecto a los intereses predominantes relativos a la realidad de que se trate (Rueda, 1999). Así mismo, se busca identificar la interacción de cada una de los factores que

conforman las empresas del sector minero, identificando sus complejas relaciones sistémicas desde un marco general que represente la interacción de cada uno de sus componentes. Para luego posicionar en cada flujo de salidas y entradas los indicadores adecuados para gestionar las dimensiones sostenibles de éstas, minimizando el riesgo de generar potenciales impactos ambientales a un nivel más específico (Dym, 1994; Dym, 1980).

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Proponer una herramienta de gestión de sostenibilidad para empresas de la gran minería del cobre en Chile.

2.2 Objetivos específicos

- Revisar el estado del arte respecto a sostenibilidad, indicadores e índices asociados a la gran minería del cobre.
- Caracterizar los factores asociados a los indicadores de sostenibilidad en la gran minería del cobre.
- Establecer un modelo sistémico y socio técnico a nivel conceptual, capaz de incorporar indicadores de sostenibilidad para la gran minería del cobre en Chile.
- Diseñar y operativizar un índice de sostenibilidad para empresas de la gran minería en Chile.

3 Metodología

3.1 Revisión del estado del arte

Revisión del estado del arte

Realizar una revisión bibliográfica del estado del arte bajo los siguientes ejes temáticos, tanto a nivel internacional como nacional:

- Sostenibilidad
- Sostenibilidad de los sistemas mineros
- Indicadores de sostenibilidad
- Índices de sostenibilidad
- Estándares ESG

Generando una base de datos a partir de:

- Páginas web de sitios nacionales e internacionales que entregan estadísticas gubernamentales sobre el comportamiento de indicadores de sostenibilidad.
- Documentos científicos enfocados en la construcción de indicadores de sostenibilidad, aplicación de indicadores de sostenibilidad en la minería, métodos y escalas de indicadores de sostenibilidad y medio ambiente, gestión de riesgos, modelamiento matemático y ambiental.
- La biblioteca de la Universidad del Desarrollo donde se dispone de libros de ingeniería ambiental, diseño experimental y modelamiento matemático.
- Documentos que señalan criterios definidos en metodologías ampliamente aceptadas a nivel mundial, diseñados por organismos internacionales.

3.2 Caracterización de factores asociados a los indicadores de sostenibilidad

A partir de la revisión bibliográfica, la identificación de aspectos críticos relacionados con la minería del cobre y características de empresas a nivel nacional, se realizó un análisis de la información disponible caracterizando factores e indicadores bajo las siguientes dimensiones del concepto de desarrollo sostenible:

(i) ambiental, (ii) social y (iii) económica, considerando igualmente las zonas de intersección entre cada una de las dimensiones (zonas de intersección binaria), (iv) socio-ambiental, (v) económico-ambiental, (vi) socio-económico, y una zona de intersección ternaria entre las tres dimensiones (vii) socio-económico-ambiental. Dicha caracterización de factores e indicadores, se realizó basándose en metodologías diseñadas por el Departamento de Coordinación de Políticas y Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (NU), premisas contenidas en la Agenda 21, complementada con la guía metodológica para la elaboración de Reportes de Sustentabilidad, que diseñó la “Iniciativa de Informe Global”, en inglés Global Reporting Initiative (GRI), en su versión G4 (GRI, 2014), y la Guía de Sustentabilidad para la Industria Minera en Chile, que en el marco del proyecto “Red de Mercados Emergentes Multinacionales para la Sostenibilidad” (EMM), en inglés Emerging Market Multinationals Network for Sustainability, y el proyecto “Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros”, la “Corporación Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ), en alemán Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, desarrolló las directrices de sustentabilidad para el sector minero en Chile en el transcurso del año 2016 (Egetemeir, 2016), junto con una revisión de dieciocho (18) reportes y memorias anuales de las empresas que representan la gran minería del cobre en Chile, comprendidos durante el periodo 2022-2023, siendo estas:

- Anglo American (Anglo American, 2022)
- Antofagasta Minerals (Antofagasta Minerals, 2022)
- Barrick (Barrick, 2022)
- BHP (BHP, 2023)
- Compañía Minera del Pacífico (CAP, 2022)
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (Collahuasi, 2022)
- Corporación Nacional del Cobre (CODELCO, 2023)
- Empresa Nacional de Minería (ENAMI, 2022)

- Empresa Nacional del Petróleo (ENAP, 2022)
- Freeport – McMoran Copper & Gold (Freeport, 2022)
- Glencore (Glencore, 2022)
- Gold Fields (Gold Fields, 2022)
- Kinross (Kinross, 2022)
- Newmont (Newmont, 2022)
- Río Tinto (Rio Tinto, 2022)
- Sierra Gorda (Sierra Gorda, 2022)
- Sociedad Química y Minera de Chile (SQM, 2022)
- Teck (Teck, 2022)

Posterior a la caracterización, se aplicaron mediante un panel de expertos los criterios de selección establecidos por el Consejo Minero y la Comisión Chilena del Cobre (Álvarez, 2002), considerando que los indicadores propuestos cuentan con la base metodológica antes descrita, siendo éstos los siguientes:

- a) Fuente de información: Los datos provienen de fuentes de información conocidas y confiables, como por ejemplo, estadísticas gubernamentales que entregan información sobre el comportamiento de dichos indicadores, destacando el Banco Central de Chile, el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Ministerio de Salud (MINSAL), Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI), Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Ministerio del Trabajo (MT), Instituto Nacional de Normalización (INN), Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y otras instituciones. Ello permite garantizar que no se producirán sesgos en la interpretación de la información y dá independencia respecto de las mediciones que puedan efectuar las empresas mineras.
- b) Metodología para medir desarrollo sostenible: Cumplen con criterios definidos en metodologías ampliamente aceptadas por la comunidad mundial, diseñadas por organismos internacionales para medir el desarrollo sostenible, por ejemplo, las Naciones Unidas, Agenda 21 y la Global Reporting

Initiative. De este modo, cada indicador refleja un efecto directo e indirecto sobre la sustentabilidad propuesto en el informe Brundtland.

- c) Patrón de referencia: Cuentan con un patrón de comparación definido que permite su comparación sectorial, nacional e internacional. A nivel nacional con reglamentaciones del MINSAL, SEA, SERNAGEOMIN, entre otras instituciones. A nivel internacional, los patrones de referencia provendrían de instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), como ejemplo de las más relevantes.

Luego se obtuvo un listado de factores clasificados por dimensión de desarrollo sostenible, identificando la fuente de información de cada uno. Dicha información fue sistematizada en un listado representado por la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Listado de factores por dimensión y fuente de información (fuente: Elaboración propia).

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
Ambiental		
Social		
Económica		
Zonas de interacción binaria		
Socio-ambiental		
Económico-ambiental		
Socio-económico		
Zona de interacción ternaria		
Socio-económico-ambiental		

Una vez identificados los factores por dimensión y fuente de información, se realizó una evaluación cualitativa para identificar qué factores críticos son de mayor importancia para establecer indicadores de sostenibilidad bajo las dimensiones señaladas anteriormente, formulando la siguiente identificación por indicador:

Indicador de sostenibilidad + dimensión de desarrollo sostenible + (acrónimo)

Estableciendo así un primer listado de indicadores de sostenibilidad con su respectivo acrónimo. Por ejemplo: Indicador de sostenibilidad ambiental (ISA), indicador de sostenibilidad social (ISS), indicador de sostenibilidad económica (ISE), indicador de sostenibilidad socio-ambiental (ISSA), indicador de sostenibilidad económico-ambiental (ISEA), indicador de sostenibilidad socio-económico (ISSE) e indicador de sostenibilidad socio-económico-ambiental (ISSEA).

En cuanto a la evaluación cualitativa, se elaboró con conocimiento previo del fenómeno a investigar (Kerlinger, 1983) y bajo la asesoría de un experto (Sociólogo), una entrevista estructurada con preguntas cerradas, dirigida a un panel de 10 expertos con vasta experiencia en el sector productivo, tanto a nivel nacional como internacional. Se realizó de manera previa una charla explicativa de la problemática, teniendo en cuenta que el modelo de la entrevista es en si mismo pragmático, ya que depende del enfoque o tipo de información que se va a manejar (Hincapie y Correa, 2014). Este tipo de entrevistas es un método que busca obtener información de primera mano sobre el problema a investigar y las hipótesis que hay que probar, reflejando las respuestas en la misma entrevista (De la Mora, 2002), la cual deja la iniciativa total al entrevistado, permitiéndole que se manifieste de forma espontánea.

La información obtenida fue sistematizada en el formato de una entrevista como se presenta en la Figura 3-1.

Entrevista estructurada con preguntas cerradas		Fecha: XX.YY.ZZ
Contexto: Grado de importancia de factores críticos para la sustentabilidad de la gran minería del cobre en Chile		
Instrucción: Según su experiencia, señale cuales factores son de mayor importancia para establecer los siguientes indicadores de sostenibilidad:		
Nombre: <input type="text" value="Sujeto 1"/>	Experiencia Nivel Organizacional: <input type="text" value="---"/>	
Indicadores	Factores	
Indicador de sostenibilidad ambiental (ISA)	FISA1 FISA2 FISA3	
Indicador de sostenibilidad social (ISS)	FISS1 FISS2 FISS3	
Indicador de sostenibilidad económica (ISE)	FISE1 FISE2 FISE3	
Indicador de sostenibilidad socio-ambiental (ISSA)	FISSA1 FISSA2 FISSA3	
Indicador de sostenibilidad económico-ambiental (ISEA)	FISEA1 FISEA2 FISEA3	
Indicador de sostenibilidad socio-económico (ISSE)	FISSE1 FISSE2 FISSE3	
Indicador de sostenibilidad socio-económico-ambiental (ISSEA)	FISSEA1 FISSEA2 FISSEA3	

Figura 3-1: Formato de entrevista realizada al panel de expertos (fuente 11: Elaboración propia).

Aplicada la entrevista al panel de expertos y obtenidos los resultados de éstas, se realizó un análisis estadístico a la información obtenida, utilizando las herramientas del software Excel 2016, mediante un análisis de frecuencia absoluta con la función CONTAR.SI, para determinar el número de veces en que dicho evento se repite durante la muestra estadística (Kepping, 2007), los factores que predominan e identificar qué factores críticos formarían parte de cada indicador de sostenibilidad, bajo los siguientes criterios de aceptación:

- a) Sólo se consideran en el análisis los factores críticos mencionados en el listado inicial, es decir, el experto no puede señalar otro factor crítico que antes no fuera identificado en la revisión bibliográfica de información
- b) Los factores críticos que son señalados por un solo experto tampoco son considerados en análisis, es decir, no se incluyen los valores de frecuencia igual a 1, son considerados como eventos (Bogdan y Biklen, 1992)

- c) Los factores críticos señalados por dos o más expertos son seleccionados para el análisis, es decir, que se incluyen todos los valores de frecuencia mayores e iguales a 2.

Dichos resultados se sistematizan en una tabla que identifica por cada columna el Indicador, Factores A, Frecuencia y Factores A', representada por la siguiente Tabla.

Tabla 3-2: Presentación de resultados del análisis de frecuencia (fuente: Elaboración propia).

Indicador	Factores A	Frecuencia	Factores A'
ISA	FISA ₁		
	FISA ₂		
	FISA ₃		
ISS	FISS ₁		
	FISS ₂		
	FISS ₃		
ISE	FISE ₁		
	FISE ₂		
	FISE ₃		
ISSA	FISSA ₁		
	FISSA ₂		
	FISSA ₃		
ISEA	FISEA ₁		
	FISEA ₂		
	FISEA ₃		
ISSE	FISSE ₁		
	FISSE ₂		
	FISSE ₃		
ISSEA	FISSEA ₁		
	FISSEA ₂		
	FISSEA ₃		

En la columna “Indicador” se muestran los acrónimos correspondientes a cada indicador de sostenibilidad (por ejemplo: ISA, Indicador de Sostenibilidad Ambiental), en la columna “Factores A”, se muestran los acrónimos de cada uno de los factores identificados bibliográficamente (por ejemplo: FISAx, Factor Indicador de Sostenibilidad Ambiental1,2...), en la columna “Frecuencia”, se muestra el valor que representa la frecuencia de selección del panel de expertos por cada factor

crítico, y en la columna “Factores A”, los factores críticos filtrados del análisis de frecuencia, conforme a los criterios de aceptación señalados anteriormente.

Realizado el análisis estadístico de frecuencias, se otorgó un valor de importancia a cada factor crítico de la columna “Factores A”, siendo este el cociente entre la frecuencia absoluta y el tamaño de la muestra (Kepping, 2007), expresado mediante la siguiente ponderación (ver ecuación 1):

$$P_{ij} = \frac{FFA_i}{Máx.FFA_i} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde

P_{ij} : Es el valor de importancia de cada factor (FAi)

FFAi : Es el valor de la frecuencia de cada uno de los factores

Máx. Valor FAi : Máximo valor que puede asumir FFAi en relación al tamaño de la muestra

Posterior al análisis de datos, se clasificó la información en función de los factores críticos que forman parte de cada indicador de sostenibilidad y su valor de importancia, expresando los resultados en la Tabla 3-3, identificando Indicador, Factores Críticos y Valor de Importancia (P_{ij}).

Tabla 3-3: Presentación de resultados de la caracterización de factores asociados a cada indicadores de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

Indicador	Factores Críticos	P_{ij}
ISA	FISAx	
ISS	FISSx	
ISE	FISEx	
ISSA	FISSAx	
ISEA	FISEAx	
ISSE	FISSEx	
ISSEA	FISSEAx	

El resumen de la metodología aplicada hasta este punto es presentado en la Figura 3-2.

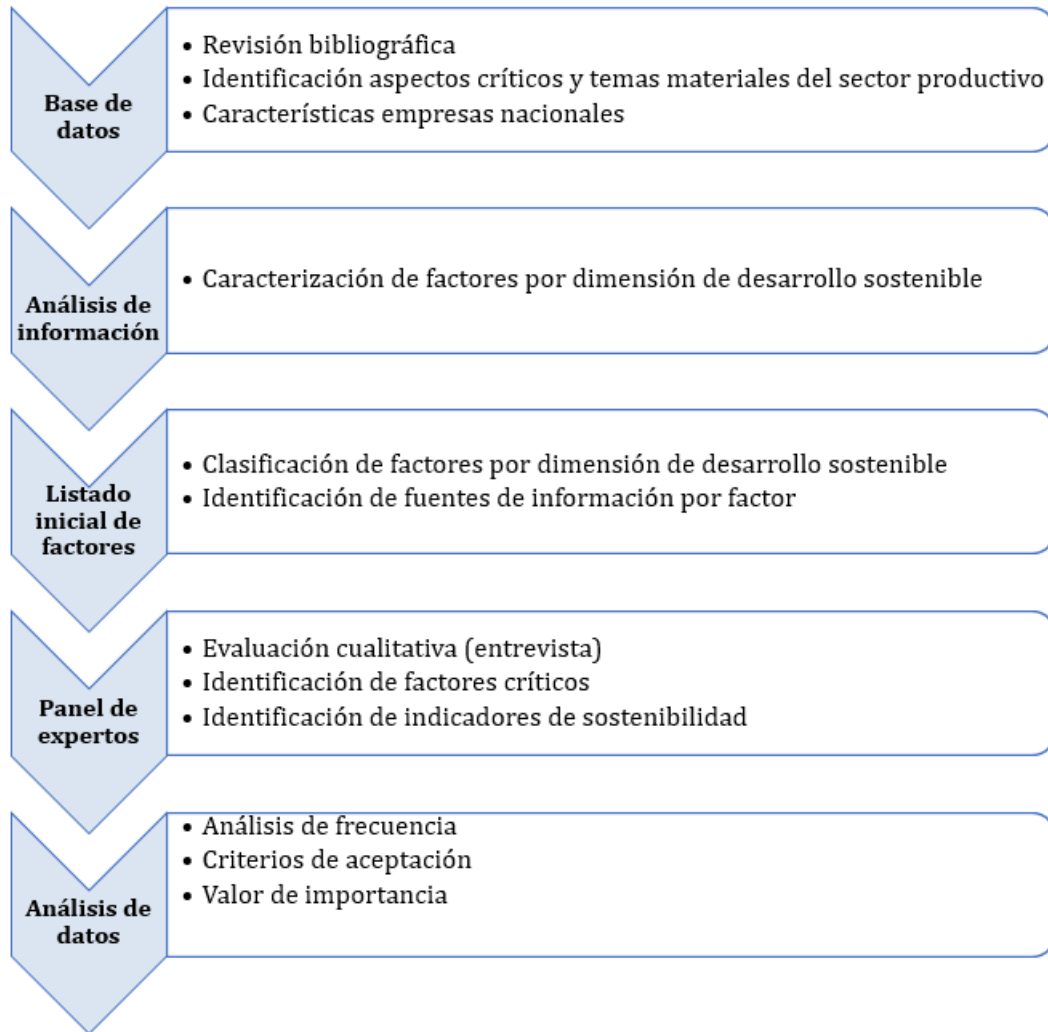


Figura 3-2: Resumen esquemático de la metodología aplicada para la caracterización de factores críticos (fuente: Elaboración propia).

En continuidad al proceso antes descrito, se integró mediante una ecuación matemática cada uno de los factores críticos identificados para cada indicador de sostenibilidad, modelo que consideró el valor de importancia de cada uno de éstos para la integración de los factores, el que queda representado de la siguiente manera (ver ecuación 2):

Modelo matemático para integración de los factores del indicador

$$IS_i = \frac{\sum[(FA_i \times P_{ij} / \text{Máx. Valor } FA_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde

IS_i: Indicador de sostenibilidad propuesto por cada dimensión

FA_i : Es cada uno de los factores críticos propuestos por cada dimensión

P_{ij} : Son los valores de importancia de cada FA_i

Máx. Valor FA_i : Máximo valor que puede asumir cada FA_i

En el cálculo de cada indicador de sostenibilidad, los factores FA_i, son los que lo componen, multiplicados por el respectivo valor importancia P_{ij}, y dividido por el máximo valor que puede adquirir el factor, con el fin de que el valor de cada indicador de sostenibilidad quede normalizado entre 0 y 1. El denominador del indicador, es la sumatoria de los valores de importancia de los factores.

En cuanto a los factores FA_i y el máximo valor que puede asumir cada uno, es preciso aclarar que el valor de medición da cada FA_i es calificado a través de escalas con características cualitativas y cuantitativas (por ejemplo, escalas Likert, entrevistas, matrices de riesgo, observaciones de campo, entre otras), a objeto de establecer valores máximos de cada FA_i distintos de 0, para que el valor de entrada se normalice de acuerdo con el dominio (valores > 0) y el valor normalizado se cambie de escala para el rango de salida (≥ 0 y ≤ 1).

La metodología aplicada en ésta primera etapa (ver Figura 3-3) consistió en un proceso de recolección y análisis de datos, selección e integración de factores críticos y definición de cada indicador de sostenibilidad, basadas en metodologías de ponderación y agregación ampliamente aceptadas para la construcción de indicadores e índices de sostenibilidad. Tomando como referencia una investigación

científica apoyada por la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China (NSFC), en inglés National Natural Science Foundation of China, que consistió en una revisión de más de 1.417 documentos de carácter internacional, que permitió establecer mediante un proceso de selección de cuatro (4) pasos cuando utilizarlas (Gan et al., 2017).

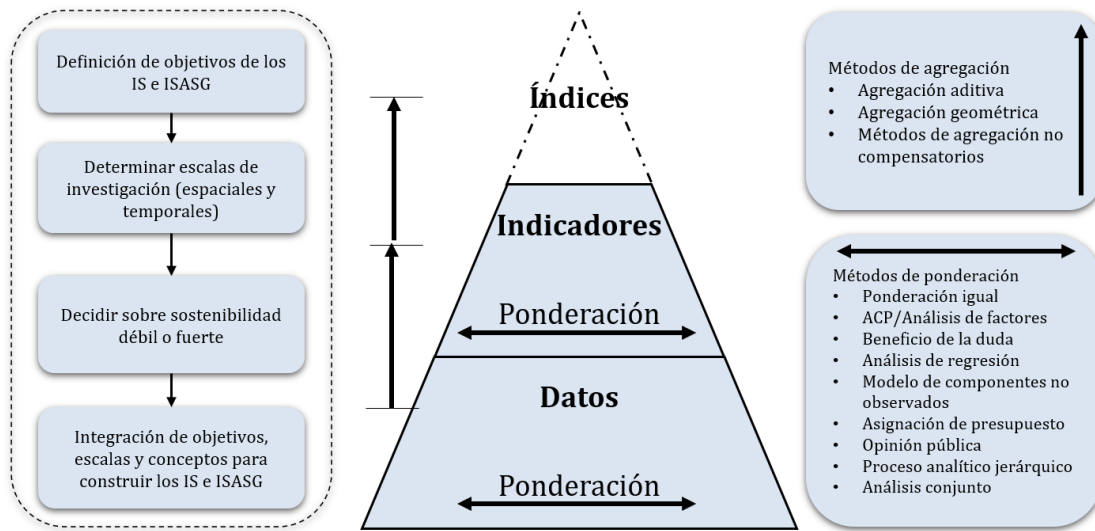


Figura 3-3: Proceso para la construcción de los indicadores e índices de sostenibilidad y selección de métodos de ponderación y agregación, primera etapa (fuente: Elaboración propia).

Dicho resultado se expresa mediante la siguiente ecuación para cada indicador de sostenibilidad:

Indicador de Sostenibilidad Ambiental (ISA), ver ecuación 3:

$$ISA = \frac{\sum[(FISA_i \times P_{ij} / \text{Máx. Valor } FISA_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Indicador de Sostenibilidad Social (ISS), ver ecuación 4:

$$ISS = \frac{\sum[(FISS_i \times P_{ij}/Máx. Valor FISS_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Indicador de Sostenibilidad Económica (ISE), ver ecuación 5:

$$ISE = \frac{\sum[(FISE_i \times P_{ij}/Máx. Valor FISE_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Indicador de Sostenibilidad Socio-Ambiental (ISSA), ver ecuación 6:

$$ISSA = \frac{\sum[(FISSA_i \times P_{ij}/Máx. Valor FISSA_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Indicador de Sostenibilidad Económico-Ambiental (ISEA), ver ecuación 7:

$$ISEA = \frac{\sum[(FISEA_i \times P_{ij}/Máx. Valor FISEA_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Indicador de Sostenibilidad Socio-Económico (ISSE), ver ecuación 8:

$$ISSE = \frac{\sum[(FISSE_i \times P_{ij}/Máx. Valor FISSE_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Indicador de Sostenibilidad Socio-Económico-Ambiental (ISSEA), ver ecuación 9:

$$ISSEA = \frac{\sum[(FISSEA_i \times P_{ij}/Máx. Valor FISSEA_i)]}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

3.3 Establecimiento del modelo sistémico y socio técnico conceptual

Revisado el estado del arte, respecto a sostenibilidad e indicadores asociados a la gran minería del cobre, y caracterizados los factores asociados a los indicadores de sostenibilidad, se abordó el concepto de empresa a partir del enfoque sistémico, basado en la Teoría General de Sistemas (TGS), que describe a la empresa como un sistema abierto, en constante interacción con su entorno, constituido por múltiples subsistemas interdependientes pero coordinados entre sí (Bertalanffy, 1976). A fines de contemplar a la empresa como un todo unitario y como un conjunto de elementos en relación con el entorno. Enfoque metodológico utilizado como guía para la solución de la problemática planteada, con origen atribuido en la dirección o administración, al existir una discrepancia entre lo que se tiene y lo que se desea, su problemática, sus componentes y su solución, complementado con una visión de la teoría moderna que menciona en el libro Administración en las Organizaciones (Kast, 1988), en donde se señala que las cualidades distintivas de la moderna teoría de la organización, son su base conceptual y analítica, su dependencia de datos de investigación empíricos y sobre todo, su naturaleza sintetizadora e investigadora, cualidades agrupadas en la filosofía que acepta la premisa de que la única manera significativa de estudiar la organización es como un sistema social, lo que permitió considerar a la organización como un sistema sociotécnico abierto integrado de varios subsistemas:

- Subsistema de valores y objetivos, la organización cumple con una función para la sociedad, cuyo éxito está determinado por responder a requerimientos sociales, considerando los valores de un medio ambiente sociocultural.
- Subsistema técnico, referido al conocimiento que se requiere para el desempeño de las tareas, que incluye técnicas utilizadas en la transformación de entradas en productos. Subsistema que adquiere su forma de acuerdo con

la especialización y habilidades requeridas, herramientas de trabajo y la instalación para la ejecución de funciones encomendadas.

- Subsistema psicosocial, integrado por individuos y grupos en interacción, consiste en el comportamiento individual, la motivación, relaciones de función y posición, dinámica de grupos y sistemas de influencia, elementos que crean el denominado “clima organizacional”.
- Subsistema estructural, referido a la forma en que las tareas de la organización están divididas (diferenciación) y son coordinadas (integración), estructura determinada por los estatutos de la organización, descriptores de puesto y posición, reglas y procedimientos (esquemas de autoridad, comunicación y flujo de trabajo).
- Subsistema administración, abarca a toda la organización relacionándola con su medio ambiente, fijando objetivos, desarrollando planes estratégicos y operativos, diseñando su estructura y estableciendo procesos de control.

El enfoque moderno considera a la organización como sistema sociotécnico abierto. Este modelo de sistemas integrados se presenta en la Figura 4 basado en el enfoque de contingencias (Kast y Rosenzweig, 1988).

Cabe señalar que como concepto de sistema socio técnico, nos referimos a los sistemas que resaltan la importancia del paso del análisis artefacto/organización al de sistemas/redes. Incorpora el componente social como elemento del sistema, fijando una posición ontológica que distingue entre el sistema comprendido como recurso, aspecto material, los actores implicados en el mantenimiento y cambio del sistema, y las reglas e instituciones que orientan las percepciones de los actores y las actividades (Geels, 2004).

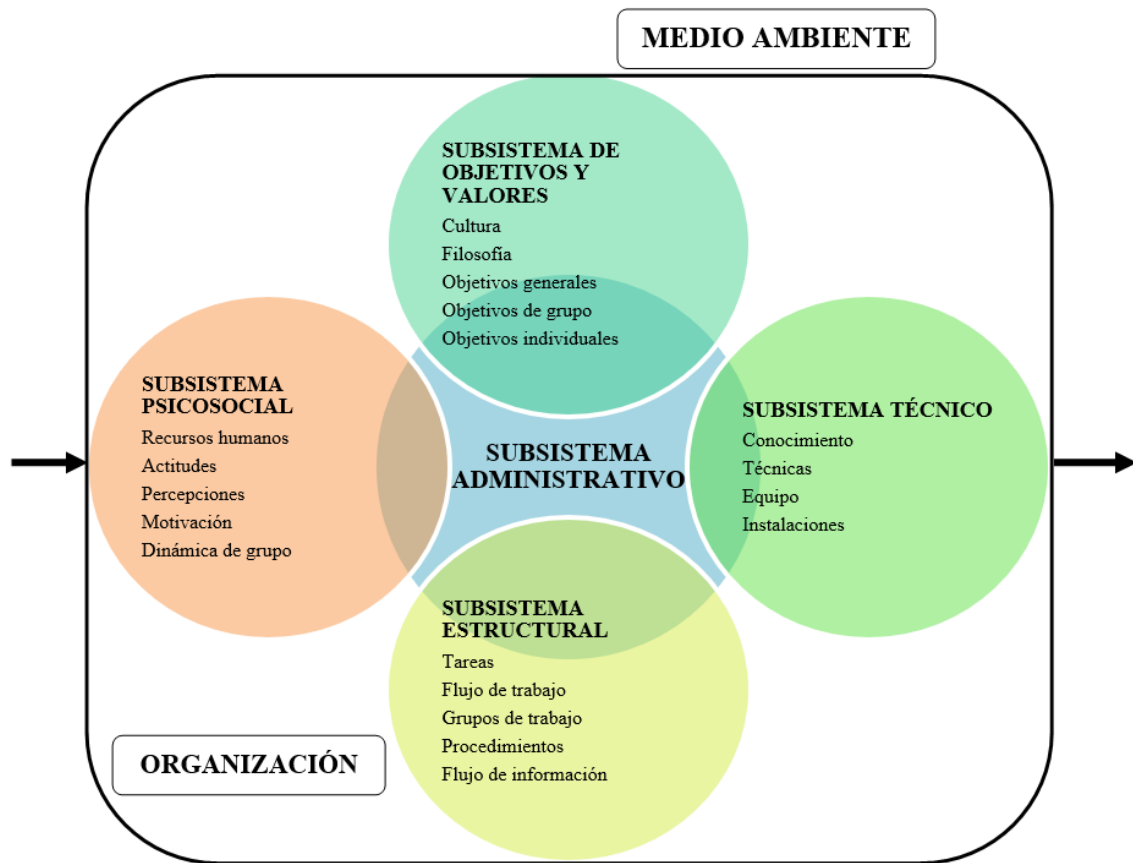


Figura 3-4: Modelo de sistemas integrados de una organización (fuente: Elaboración propia).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se elaboró un modelo sistémico y socio técnico conceptual que represente a las empresas mineras como un sistema socio técnico, a fines de establecer los factores que conformarán los tipos de indicadores de sostenibilidad, que posteriormente se integrarán en el índice, desde el punto de vista del flujo de entrada y salida e interacción de éstos. Siendo el principal componente del sistema organizacional comprendido como un gran transformador o procesador de insumos o recursos, a productos finales que se incorporan al medio ambiente, cuyos componentes son los siguientes:

- Medio ambiente social, económico, político y cultural, cuyo ámbito de acción llega a contener esferas regionales y nacionales e inclusive internacionales, mediante una o varias entradas que dan paso a varios insumos o recursos del medio
- Insumos del sistema, serían los componentes que ingresan y que pueden comprender recursos existentes en el medio ambiente, tales como recursos humanos, financieros, materiales, directrices, políticas, instrucciones operativas, información, normas legales, entre otros
- Procesos de conversión, son las estructuras organizacionales y de procedimientos, así como predisposiciones y experiencias personales de los administradores, los procesos de conversión no sólo transforman los insumos en productos, sino que en ocasiones pueden abstenerse de procesar algunos para orientar los prioritarios
- Salidas o productos, pueden ser de condiciones diversas, tales como bienes, servicios, información, normas, opiniones, entre otros, que provocan ciertos efectos sobre el medio ambiente, los cuales pueden ser beneficiosos o perjudiciales de acuerdo con la forma en que se acercan o se desvían del cumplimiento de los objetivos fijados del sistema
- La retroalimentación del sistema administrativo, que permite medir los resultados de acuerdo con variables de eficiencia (relación entre insumos requeridos y productos elaborados) y su eficacia (referida al mayor o menor logro de los objetivos).

De manera complementaria al enfoque sistémico, se consideró el enfoque de procesos que plantea la Norma Internacional ISO 9.001: 2015 sobre Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos, que incorpora el ciclo Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) y el pensamiento basado en riesgos, enfoque que permite a una organización planificar sus procesos y sus interacciones, junto con la comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema que contribuye a la

eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus objetivos, que a su vez promueve dichas interrelaciones e interdependencias, mejorando el desempeño global de la organización (ISO, 2015).

Posterior al planteamiento del modelo sistémico y socio técnico conceptual, se incorporaron a éste los indicadores de sostenibilidad, basándose en la metodología propuesta de indicadores de la Norma Internacional ISO 14.031; 2005 basada también en el sistema PER (presión, estado, respuesta), en donde los indicadores de presión son aquellos que reflejan la presión ejercida por los procesos y las operaciones, los indicadores de estado son los que reflejan el estado del ambiente, y los indicadores de respuesta que reflejan de manera integral el sistema de gestión.

La Norma Internacional ISO 14.031: 2005, establece las directrices para la EDA y apoya los requisitos de la Norma Internacional ISO 14.001: 2004, y las orientaciones dadas por la Norma Internacional ISO 14.004: 2005, que también se puede usar independientemente.

Considerando que fueron seleccionados los indicadores de sostenibilidad, en relación con la identificación de sus factores críticos que formarían parte de cada uno de los indicadores (ISA, ISS, ISE, ISSA, ISEA, ISSE e ISSEA), se realizó una clasificación de éstos considerando un enfoque de sostenibilidad junto con las categorías y definiciones generales de indicadores de la EDA, que se describen a continuación:

- Indicadores de desempeño ambiental (IDAs): Proporcionan información sobre el desempeño ambiental de una organización. Incluye las políticas, las personas, la planificación de actividades prácticas y procedimientos a todos los niveles de la organización. Así como las decisiones emprendidas por la dirección de la organización, que puedan influir en el desarrollo de las

operaciones de la organización, y por lo tanto contribuir al desempeño de la misma. Hay dos tipos de IDAs:

- Indicadores del desempeño de gestión (IDGs), son un tipo de IDA que proporcionan información sobre el esfuerzo de la dirección para influir en el desempeño ambiental de las operaciones de la organización (ISO, 2005).
- Indicadores del desempeño operacional (IDOs), son un tipo de IDA que proporcionan información sobre el desempeño ambiental de las operaciones de la organización (ISO, 2005).
- Indicadores de la condición ambiental (ICAs), proporcionan información sobre la condición ambiental. Esta información puede ayudar a una organización a comprender em impacto real o potencial de sus aspectos ambientales, y así apoyar la planificación e implementación de la EDA (ISO, 2005).

Dicho resultado se presentó en una matriz de doble entrada expresada con la Tabla 3-4, en donde se señala el acrónimo del indicador de sostenibilidad, los factores críticos que lo integran y las clasificaciones señaladas por la EDA, siendo estos IDAs e ICA.

Tabla 3-4: Clasificación de indicadores de sostenibilidad según IDAs e ICA (fuente: Elaboración propia).

Indicador	Factores Críticos	IDAs		ICA
		IDO	IDG	
ISA	FISA ₁			
	FISA ₂			
	FISA ₃			
ISS	FISS ₁			
	FISS ₂			
	FISS ₃			
ISE	FISE ₁			
	FISE ₂			
	FISE ₃			
ISSA	FISSA ₁			

Indicador	Factores Críticos	IDAs		ICA
		IDO	IDG	
	FISSA ₂			
	FISSA ₃			
ISEA	FISEA ₁			
	FISEA ₂			
	FISEA ₃			
ISSE	FISSE ₁			
	FISSE ₂			
	FISSE ₃			
ISSEA	FISSEA ₁			
	FISSEA ₂			
	FISSEA ₃			

Realizada la clasificación, se mapearon los indicadores de sostenibilidad en el modelo sistémico y socio técnico bajo la siguiente colorimetría (ver Tabla V

Tabla 3-5: Clasificación de indicadores de sostenibilidad según IDAs e ICA (fuente: Elaboración propia).

Indicador	Colorimetría
ISA	
ISS	
ISE	
ISSA	
ISEA	
ISSE	
ISSEA	

Una vez realizado el mapeo de indicadores se proyectó una representación conceptual del modelo ajustado con la teoría de la dona propuesto por la economista Kate Raworth (Raworth, 2017), los temas materiales (factores críticos), indicadores de sostenibilidad, índice y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

3.4 Diseñar y operativizar un índice de sostenibilidad para empresas de la gran minería en Chile.

Para el diseño del ISASG, se integró mediante una ecuación matemática cada uno de los indicadores de sostenibilidad, modelo que consideró igualmente el valor del orden de importancia de cada uno de éstos, el cuál queda representado de la siguiente manera:

Modelo matemático para la integración de los indicadores del índice (ver ecuación 10):

$$ISASG = \frac{\sum IS_i \times P_{ij}}{\sum P_{ij}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde

ISASG: Índice de Sostenibilidad Ambiental, Social y Gobernanza.

IS_i : Es cada uno de los indicadores de sostenibilidad propuestos

P_{ij} : Son los valores de importancia de cada IS_i

El cálculo del ISASG, se compone de cada uno de los indicadores de sostenibilidad propuestos (ISA, ISS, ISE, ISSA, ISEA, ISSE e ISSEA), multiplicados por el número de acuerdo al orden de importancia (escala del 1 al 7), el cual fue obtenido mediante una segunda evaluación cualitativa, elaborando con conocimiento previo del fenómeno a investigar (Kerlinger, 1983) y bajo la asesoría de un experto (sociólogo), una entrevista estructurada con preguntas cerradas, dirigida a un panel de 10 expertos con vasta experiencia en el sector productivo, tanto a nivel nacional como internacional. Se realizó de manera previa y mediante una charla la contextualización de la problemática, teniendo en cuenta que el modelo de la

entrevista es en si mismo pragmático, ya que depende del enfoque o tipo de información que se va a manejar (Hincapie y Correa, 2014). Este tipo de entrevistas es un método que busca obtener información de primera mano sobre el problema a investigar y las hipótesis que hay que probar, reflejando las respuestas en la misma entrevista (De la Mora, 2002), la cual deja la iniciativa total al entrevistado, permitiéndole que se manifieste de forma espontánea.

Dicha información fue sistematizada bajo el formato de entrevista presentado en la Figura

Entrevista estructurada con preguntas cerradas		Fecha: XX.YY.ZZ
Contexto: Grado de importancia de indicadores de sostenibilidad para la gran minería del cobre en Chile		
Instrucción: Según su experiencia, señale de menor a mayor el valor de importancia para los siguientes indicadores de sostenibilidad:		
Nombre: <input type="text" value="Sujeto 1"/>	Experiencia Nivel Organizacional: <input type="text" value="..."/>	
Indicadores	Valor de importancia (escala de 1 a 7)	
Indicador de sostenibilidad ambiental (ISA)	---	
Indicador de sostenibilidad social (ISS)	---	
Indicador de sostenibilidad económica (ISE)	---	
Indicador de sostenibilidad socio-ambiental (ISSA)	---	
Indicador de sostenibilidad económico-ambiental (ISEA)	---	
Indicador de sostenibilidad socio-económico (ISSE)	---	
Indicador de sostenibilidad socio-económico-ambiental (ISSEA)	---	

Figura 3-5: Formato de segunda entrevista realizada al panel de expertos (fuente: Elaboración propia).

Aplicada la segunda entrevista al panel de expertos y obtenidos los resultados de éstas, se realizó un análisis estadístico de moda a la información obtenida utilizando las herramientas del software Excel 2016, mediante un análisis de MODA, para así determinar el valor con mayor frecuencia en una distribución de datos (Keeping, 2007) , identificando el valor del orden de importancia más frecuente o que más se repite por cada indicador de sostenibilidad, bajo los siguientes criterios de aceptación:

- a) Indicadores de sostenibilidad a los que no fueron asignados un valor de importancia, no se consideran en el análisis.

- b) Si el rango de indicadores de sostenibilidad tiene una distribución bimodal, se determina el orden de importancia correlativo de los indicadores ponderándolos por la sumatoria de los P_{ij} de los factores críticos
- c) Si el rango de indicadores de sostenibilidad tiene una distribución trimodal, se determina su orden de importancia correlativo multiplicándolo por la sumatoria de los P_{ij} de los factores críticos.
- d) Para los criterios de aceptación b) y c), en el caso de persistir las distribuciones bimodales y trimodales, se asume que el rango de indicadores no tiene moda, por lo que se vuelve a consultar al panel de expertos para establecer de manera concensuada un orden correlativo de importancia.

Dichos resultados se sistematizan en una tabla que identifica por cada columna el Indicador y su respectivo Valor de Importancia (P_{ij}), representado por la Tabla 3-6.

Tabla 3-6: Presentación de resultados para el valor del orden de importancia asociado a cada indicador de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

Indicador	P_{ij}
ISA	
ISS	
ISE	
ISSA	
ISEA	
ISSE	
ISSEA	

Posteriormente cada indicador es multiplicado por su respectivo valor de importancia, acudiendo al concepto de variable semicuantitativa relativizada, al dividir por la sumatoria de los ponderadores. El denominador del ISASG es la sumatoria de los órdenes de importancia de los indicadores. Metodología que fue seleccionada del proceso para la construcción de los indicadores e índices de sostenibilidad y selección de métodos de ponderación y agregación, señalados en la Figura 2, considerándose ésta la segunda etapa, seleccionando el método de agregación de aditivos, que emplea funciones que resumen los valores normalizados de sub-indicadores para formar un índice de sostenibilidad (Gan *et al.*, 2017).

El resultado se expresa mediante la ecuación 10 presentada anteriormente en el punto 3.2.4.

Luego de obtener cada uno de los indicadores de sostenibilidad y el índice, se estableció una escala de sostenibilidad considerando que el valor de entrada se normaliza de acuerdo con el dominio y el valor normalizado se cambia de escala por el rango de salida, cuyas calificaciones de sostenibilidad serían sostenible, altamente sostenible, medianamente sostenible, altamente insostenible e insostenible, según lo siguiente:

- Indicadores

Dimensión de cada indicador + sufijo -mente (por ejemplo, ambiental-mente) + Calificación de sostenibilidad

Para el índice se asume el nombre de la calificación de sostenibilidad.

Finalmente, revisado el estado del arte, caracterizados los factores críticos asociados a cada indicador de sostenibilidad, establecido el modelo sistémico y socio técnico a nivel conceptual, que incorpora los indicadores de sostenibilidad, y diseñado el índice. Éste se operativizó utilizando el software Bizagi Modeler, para construir un algoritmo expresado mediante un diagrama de flujos, que representa el funcionamiento de la herramienta de gestión de sostenibilidad, cuyo esquema simplificado queda representado por la Figura 3-6.

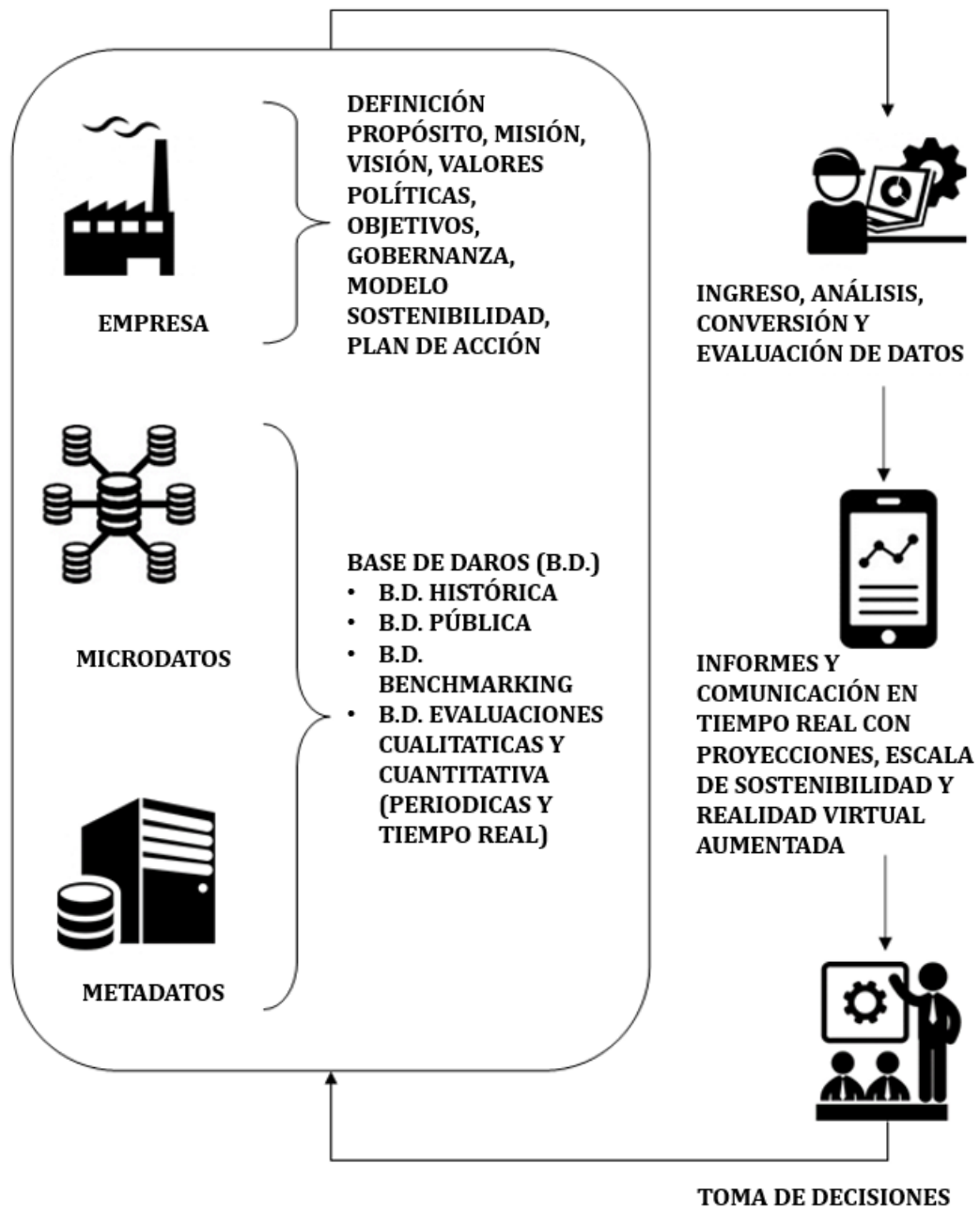


Figura 3-6: Esquema simplificado de la herramienta de gestión de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

4 Resultados

4.1 Estado del Arte

Como parte de una comprensión crítica de la investigación documental y al objeto de recuperar y trascender el conocimiento acumulado de la problemática actual, se plantea la perspectiva teórica por cada eje temático:

4.1.1 Sostenibilidad

- Internacional

Después del informe Brundtland, el resultado fue una comisión convocada por las Naciones Unidas, creada para proponer un programa mundial para el cambio, en el concepto y en las prácticas de desarrollo; el informe señaló la urgencia de volver a considerar nuestras formas de vida y de gobernar. Este desafío encontró oposición por parte de algunos gobiernos que veían en esta iniciativa una amenaza al status quo dominante en asuntos económicos y diseño de sus políticas. El empresariado, en general, estuvo alejado de estos debates hasta el año 1992, cuando por primera vez fue invitado a participar en la Cumbre de la Tierra junto a representantes de gobiernos, sindicatos, organizaciones no gubernamentales, académicos y científicos (Naciones Unidas, 1992). Otros organismos internacionales reconocieron gradualmente la trascendencia de este enfoque de desarrollo. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) considera que “en el núcleo del desarrollo sostenible está la necesidad de considerar tres pilares juntos: la sociedad, la economía y el medio ambiente. No importa el contexto, la idea elemental sigue siendo la misma: que la gente, los hábitats y los sistemas económicos están interrelacionados” (Strange y Bayley, 2008), dejando así trazados los objetivos de sus metas y los resultados alineados a la sostenibilidad del desarrollo.

Desde sus orígenes, la sostenibilidad se ha insertado en la agenda global, siendo inicialmente centrada en el medio ambiente y el impacto que causan los procesos productivos y la pobreza, con miras a una definición más actualizada de desarrollo

sostenible, cercana a lo definido por los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. Entre los principales hitos podemos hacer referencia a la Declaración de Estocolmo (Suecia, 1972) que reconoció la necesidad de un criterio y principios comunes, que ofrezcan a los pueblos inspiración y guía para preservar y mejorar el medio humano (Naciones Unidas, 1972). Al documento emanado de tal discusión se le llamó Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Gracias a la rápida aceleración de la ciencia y la tecnología, el hombre ha adquirido el poder de transformar su entorno de innumerables maneras, donde “los dos aspectos del medio humano, el natural y el artificial, son esenciales para el bienestar del hombre y para el goce de los derechos humanos fundamentales, incluso el derecho a la vida misma”.

La Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo fue una instancia que reafirmó la Declaración de Estocolmo del año 1972. Su objetivo fue establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los estados, los sectores claves de las sociedades y las personas. Ellos deben procurar respetar los intereses de todos y proteger la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial. Se reconoce, además, que la naturaleza es integral e interdependiente de la Tierra; que no puede separarse al ser humano del medioambiente en su desarrollo. y que la participación e información son mecanismos fundamentales junto a las instituciones administrativas y procedimientos judiciales apropiados. Finalmente, se señala que los estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican, así como los costos sociales y ambientales asociados a estilos de producción y de consumo vigentes escasamente sustentables (Naciones Unidas, 1992).

La conferencia Rio + 20, es la que permitió mirar el futuro y proponer una definición sobre el Panorama Mundial que queremos tener el 2020. Diversos líderes mundiales provenientes de múltiples ámbitos se preguntaron sobre cómo construir una

economía ecológica para alcanzar el desarrollo sostenible y reducir la pobreza, y sobre cómo mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible. Allí se definió un marco para la acción llamada “El futuro que queremos”, donde los participantes se comprometieron a tratar de corregir las deficiencias que aún persisten, afrontar los nuevos problemas y aprovechar las nuevas oportunidades, adoptando más de treinta medidas relacionadas con aspectos del desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2012).

De esta forma se sentó una nueva oportunidad para pensar en forma global, a fin de que todos puedan actuar a nivel local para asegurar un futuro común para las actuales y futuras generaciones. Uno de los principales resultados de esta Conferencia fue el acuerdo para desarrollar un conjunto de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales nacen a partir del informe “El futuro que queremos” elaborado durante la convención de Rio+20. Estos objetivos plantean un enfoque de políticas integradas para garantizar el desarrollo económico y social inclusivo y la sostenibilidad ambiental en una agenda que responda a las aspiraciones de todas las personas de un mundo libre de miedo y necesidad. Son 17 los Objetivos de Desarrollo que actualmente los Estados miembros de Naciones Unidas discuten, que marcarán el paso de la agenda internacional en los próximos 15 años. Son los retos a abordar hasta 2030 en pos de un mundo más justo y mejor, entre ellos, la erradicación de la pobreza, el fin al hambre, vida saludable, garantizar educación, fomentar crecimiento sostenido, inclusivo y sostenible, pleno empleo, reducir desigualdades, garantizar pautas de producción y consumo sostenible, combatir el cambio climático, conservar de manera sostenible los océanos, mares y recursos marinos, promover sociedades pacíficas, proteger ecosistemas y bosques, detener la desertificación y fortalecer la alianza mundial para el desarrollo sostenible. Es el resultado de un compendio de Conferencias multilaterales, declaraciones, acuerdos y políticas aunadas en diecisiete objetivos globales.

- Nacional

En el contexto nacional, en el año 1991, la reforma tributaria fue uno de los impulsores de la sostenibilidad en Chile, al financiar el programa social del primer gobierno democrático en el país después de la dictadura. Este impulso continuó en el año 1993 con la creación de la institucionalidad ambiental a través de la unificación de la normativa ambiental de la Comisión Nacional de Medioambiente (CONAMA); la participación ciudadana en los Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y las mediciones de la pobreza y mejora de la metodología realizada por el Ministerio de Desarrollo Social en el año 2015. A ello se suman, la Ley de Transparencia N° 20.285; la incorporación de Chile a la OCDE en el año 2010 y el funcionamiento del Punto Nacional de Contacto OCDE en la Dirección de Relaciones Económicas Internacionales (DIRECON) del Ministerio de Relaciones Exteriores. Asimismo, con la Cumbre Río +20 se crea el Grupo Amigos Art. 47, se realiza la Cumbre CELAC, el ingreso a foros de integración regional, la promoción de los reportes de sostenibilidad en las empresas públicas; cláusulas de sustentabilidad en las compras públicas, Ley de Gobiernos Corporativos 20.382; la Norma 385 de la Superintendencia de Valores y Seguros (SVS) para difundir prácticas de Gobierno Corporativo y Sustentabilidad en gobiernos corporativos de sociedades abiertas. A inicios de 2016 se promulga la Ley de Responsabilidad extendida del producto (Krol y Anan, 2016).

En julio del año 2015, la creación del Observatorio de Sostenibilidad coincide con los compromisos con el desarrollo sostenible adoptados por los jefes de Estado en la Asamblea de Naciones Unidas de septiembre del 2015 (Asamblea General Naciones Unidas, 2015), en Nueva York. Allí se acuerdan 17 objetivos, Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), para seguir llevando adelante lo que en su origen fueron los Objetivos del Milenio (Naciones Unidas, 2015). En octubre del 2015, en Bahrein, la Asociación Internacional de Empleadores integrada por 155 gremios de empresarios – por Chile, la Confederación de la Producción y el Comercio (CPC) - acordaron adherir a los Objetivos del Desarrollo Sostenible, a la Declaración Tripartita de la OIT y a los temas relacionados con el Cambio Climático (OIE, 2015).

Posteriormente, en noviembre, se desarrolló la Cumbre del Cambio Climático en París (Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2015). Sobre la base de estos lineamientos cada país debe diseñar, en la medida de sus capacidades y potencialidades, de qué manera cumplirá estos objetivos.

Durante el año 2016, se llevó a cabo el estudio “Marco Conceptual del Informe de Sostenibilidad Chile y sus regiones 2016”, cuyo objetivo es presentar el punto de partida en que está el país frente a los Objetivos del Desarrollo Sostenible como una manera de tener una línea base país. Para ello se analizaron las distintas fuentes de información y estadísticas oficiales en las diferentes materias como eficiencia energética, recursos hídricos, suelos y biodiversidad en el plano medioambiental. En los temas sociales, el ámbito laboral, equidad de género, salud, mortalidad infantil y escolaridad. Y en el plano económico, el PIB per cápita, I+D+I, e ingresos medios. Finalmente, con 22 indicadores que contaban con información se obtuvo una radiografía de la situación del país a nivel nacional para establecer, como primera aproximación, una comparación con los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). La selección de indicadores estuvo atendida a la disponibilidad de información, pero en la medida en que el estudio de sostenibilidad progrese podrá ejercer demandas por información más detallada y nueva.

4.1.2 Sostenibilidad de los sistemas mineros

- Internacional

En 1998, con motivo de los diez años de la Cumbre de Río, nueve de las más grandes compañías mineras del mundo lanzaron la GMI, cuyo objetivo era definir un nuevo marco de referencia para la industria minera mundial que respondiera a las tensiones surgidas en relación con el desarrollo sustentable. El trabajo encargado al IIED decantó en la creación del MMSD.

El proyecto tuvo como objetivo evaluar la minería y la metalurgia en términos de la transición al desarrollo sostenible, identificar cómo los servicios prestados por el

sistema de minerales pueden ser entregados de conformidad con el desarrollo sustentable en el futuro, proponer elementos claves para mejorar el sistema de los minerales, y construir plataformas de análisis e involucramiento para la cooperación entre los grupos de interés en torno a la minería. Los resultados del proceso de consulta decantaron en el informe “Abriendo Nuevos Caminos”, en inglés Breaking New Ground (MMSD, 2002) y en una conferencia que tuvo lugar en Toronto, que llevó por nombre “Aprovisionar el Futuro”, en inglés Resourcing the Future.

Sus principales conclusiones se señalan a continuación:

- Mayores presiones económicas y de los inversionistas: Los inversionistas privados demandan cada vez mayores retornos, dado los niveles de riesgo de los proyectos mineros. Por otra parte, en el mundo cada vez cobran mayor importancia el rol de los inversionistas institucionales en los mercados financieros, los que pueden estar mandatados a aplicar criterios sobre el desempeño ambiental y social de las empresas para considerarlas elegibles como inversión.
- Mayores demandas de los gobiernos y las comunidades locales: Demandan su participación de los beneficios que genera la actividad minera. Los primeros desean que la minería sea motor de desarrollo de largo plazo, para lo cual utilizan los impuestos y otro tipo de políticas orientadas a ese fin. Las comunidades, por su parte, esperan que la ejecución de proyectos extractivos genere empleo, mejore la infraestructura y dinamice las economías locales por la prestación de servicios a la minería.
- Mayor regulación ambiental: Existen diversos asuntos relacionados con la sustentabilidad que encuentran a su vez respaldo en la regulación y las leyes. Existen múltiples normativas que regulan la emisión de gases, el tratamiento de materiales peligrosos, el manejo de residuos, el uso del agua, etc., las cuales son un ejemplo de cómo las presiones medioambientales inciden en el entorno competitivo de las empresas, no sólo localmente, sino que también a escala global.

- Mayores exigencias de los empleados: Son más exigentes en materia de seguridad y de remuneraciones. En muchos casos sus demandas son respaldadas por la regulación, como ocurre con el salario mínimo, el pago de provisiones para la salud y la jubilación, así como de la extensión máxima de la jornada laboral, entre otros.
- Mayores exigencias de los consumidores: Hoy existe una mayor facilidad para acceder a información, lo que ha dotado a los consumidores de un mayor poder sobre las empresas. Los consumidores están más dispuestos a castigar a las empresas que no se ajustan a sus estándares éticos, así como a pagar un sobreprecio por aquellos bienes o servicios que destacan en el desempeño en esta dimensión.

Estas crecientes demandas se han traducido en importantes cambios en los entornos competitivos de las empresas mineras, las que deben adaptarse y responder integralmente para garantizar la existencia del negocio en el largo plazo.

- Nacional

El sector minero en Chile está compuesto por los segmentos de la gran minería y las pequeñas y medianas empresas (PYMES) mineras, las cuáles presentan distintas características y maneras de abordar el desarrollo sostenible. En cuanto a su clasificación, la Sociedad Nacional de minería (SONAMI) utiliza definiciones similares a las recomendaciones del Instituto de Minas de Chile (IIMCh). Estableciendo los segmentos en función de la capacidad de extracción de mineral, expresado en ton/año de cobre fino. (i) Gran Minería: sobre 3.000.000 ton/año; (ii) Mediana Minería: 100.000 – 3.000.000 ton/año; (iii) Pequeña Minería: Menor a 100.000 ton/año.

Puesto el enfoque en el segmento de la gran minería, que representa el 95% de la producción de cobre del país, empresas asociadas al Consejo Minero, el que dispone de los elementos necesarios para enfrentar y asumir los desafíos de operar en forma sostenible en el sentido de Brundtland, poseen niveles de reservas demostradas que le permite proyectarse en el largo plazo; niveles de costos de producción

competitivos a nivel internacional; gran capacidad de gestión; acceso a múltiples fuentes de financiamiento y disponibilidad de información; características que no están presentes en la pequeña y mediana minería, hay brechas financieras, tecnológicas y de gestión que dificultan la sustentabilidad (McMahon et al., 1999).

Hay posturas que argumentan que el sector minero es intrínsecamente no sustentable al explotar un recurso no renovable como los minerales, que están en la naturaleza en un stock limitado, susceptible de agotarse en el tiempo. Sin embargo, mientras la explotación de los recursos minerales genere un stock de capital humano, social y manufacturado agregado en el tiempo, y permita la interrelación sistémica e integral de las dimensiones económica, social, ambiental e institucional, el sector podrá ser considerado sustentable en el sentido de la visión que plantea la teoría de la economía ambiental.

Según Álvarez (2002) Existe evidencia empírica que el sector minero, especialmente la gran minería del cobre contribuye al crecimiento económico del país, por efecto tanto de sus propias operaciones como por los encadenamientos productivos de los sectores ligados a él. Igualmente, en el ámbito social, el sector minero produce beneficios hacia la comunidad, tales como: mayor infraestructura hospitalaria, comunitaria y educacional a nivel regional. Sin embargo, en el ámbito ambiental y en las relaciones de las empresas mineras con la comunidad, particularmente en las áreas donde se sitúan las etnias indígenas, la contribución del sector minero tiene una percepción más bien pesimista, vinculando a la minería con los siguientes impactos:

- Interfiere en el medio ambiente por emisiones contaminantes en tierra, aire y agua.
- Interfiere en las organizaciones sociales y sus valores culturales.
- No contribuye a una distribución equitativa del ingreso.
- Genera problemas de acceso a la tierra sin las compensaciones sociales respectivas.

- Incrementa los costos del gobierno en el otorgamiento de los servicios públicos al inducir en la demanda de éstos.

Estos factores son los que justifican diseñar indicadores de sustentabilidad para el sector minero y dimensionar la magnitud de esas percepciones negativas, así como los beneficios sociales que las empresas pueden generar en la comunidad (Álvarez, 2002).

Desde la dinámica nacional al engranaje internacional, para los organismos dedicados a la protección del medio ambiente y salud humana, este sector continúa siendo foco de su atención al momento de definir nuevas regulaciones ambientales, las que, sin duda, producen impactos significativos en el comercio de países como Chile, que basa su crecimiento económico principalmente en la exportación de productos minerales, tales como el cobre y sus derivados.

4.1.3 Indicadores de sostenibilidad

- Internacional

En el año 1985 se comienzan a desarrollar metodologías para la creación de indicadores ambientales, la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas desarrolla en esa fecha, una propuesta de sistema de indicadores medioambientales, también en ese período, los Países Bajos presentaron un sistema con un enfoque político (Vallejo, 2000).

En el año 1992, durante la Cumbre Mundial de Río, el Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible (BCSD), enfatizó que: "el comercio y la industria necesitan herramientas para ayudar a medir el desempeño ambiental y desarrollar técnicas de gestión ambiental". En respuesta a las necesidades, la orientación de la Organización Internacional de Normalización (ISO), fue especialmente requerida en el área ambiental la cual priorizó lo relacionado con la evaluación de los aspectos que planteaban grandes desafíos ambientales, para lo cual se estableció un Grupo de Asesoría Estratégica sobre temas ambientales (SAGE) (IIED, 1998).

En el año 1993 siguiendo las recomendaciones de la SAGE, se creó el Comité Técnico 207 sobre Gestión Ambiental de la ISO para desarrollar normas en las áreas de gestión ambiental, auditoría ambiental, etiquetado ecológico, evaluación del ciclo de vida, términos y definiciones, entre otras, con lo cual se da un importante paso evolutivo para la identificación de indicadores de desarrollo sostenible (IDS). Otra de las instituciones internacionales creada para cumplir este propósito lo constituye la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (CNUDS), oficializada en esa etapa a nivel de la ONU (UN-CSD, 1993).

En el año 1993 fue propuesta y lanzada al debate internacional por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo, (OECD), una nueva metodología para el diseño de IDS. Esta ha sido denominada enfoque de Presión-Estado-Respuesta (PER) (OECD, 1991, 1994 y 1999). Esta metodología es la más conocida y aceptada en el debate internacional y ha sufrido diferentes modificaciones e interpretaciones (SCOPE, 1996).

En el año 1995 se presentó la iniciativa de IDS de la CNUDS siguiendo el marco PER, modificándolo por una terminología llamada Fuerza de Impulso-Estado-Respuesta (F-E-R), donde se incluye el postulado de que no se parte de la existencia de una relación causa-efecto entre los distintos elementos agrupados bajo F, E y R, respectivamente (Spangenberg, 1996). Similar versión es el llamado Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta (P-E-I/E-R), que desarrolló Winograd (1995, 1997), para el proyecto de indicadores del CIAT/PNUMA para América Latina. En este mismo año, fueron realizadas otras versiones por el Comité Científico sobre Problemas Ambientales (SCOPE) y la Fundación de una Nueva Economía (NEF) en Inglaterra, caracterizadas por ser mucho más críticas (SCOPE, 1995).

Entre los documentos e instituciones que brindan valiosa información sobre la influencia de la minería y la explotación de los recursos naturales a escala mundial, se destacan los reportes anuales o bianuales sobre el medio ambiente en el contexto del desarrollo socio-económico del Instituto Worldwatch, Instituto de Recursos Mundiales, así como el Banco Mundial inicialmente con su serie Informes sobre el

Desarrollo Mundial desde 1995, entre los que se destacan el informe Monitoreando el Progreso Ambiental (Hammond, 1995; WB, 1995; WRI, 1996, 1997).

Un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería del Ambiente de la Universidad de Surrey en el Reino Unido de la Gran Bretaña, liderado por Azapagic (2000), propuso un sistema de indicadores para la industria minera; a partir del análisis del ciclo de vida de los minerales, integrado por tres componentes (impacto ambiental, eficiencia ambiental y acciones voluntarias).

La presentación del informe del 2001 titulado Indicadores de Desarrollo Sostenible, en la reunión del Forum Económico Mundial, celebrada en Davos (Suiza), permitió medir a nivel internacional el comportamiento de las empresas utilizando indicadores ambientales (González, 2002). En este mismo sentido, en el año 2001 se aprueba el VI Programa de Acción de la Unión Europea en materia de Medio Ambiente (CCE, 2001), documento que incluye la gestión sostenible de los recursos no renovables necesarios para la gestión ambiental.

En el año 2001 el proyecto internacional MMSD, destaca la necesidad del desarrollo minero sostenible a escala mundial (Merni, 2001).

En el año 2002 se desarrolla la reunión de PRE-RED sobre indicadores de desarrollo sostenible para la industria extractiva, en la Amazonia Oriental, en la localidad de Carajás, Brasil, promovida por CYTED-XIII. En esta ocasión fue aprobada la Declaración de Carajás, que expresa el interés internacional prestado al tema de desarrollo sostenible y su vínculo con la minería y la necesidad de implementar sistemas de indicadores que respondan a los intereses específicos de cada lugar.

En marzo del 2002, con motivo de celebrarse en Barcelona, la Cumbre de la Unión Europea (UE), la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) realiza una propuesta de IDS a partir de la aplicación de la metodología de tipo PER. Para ello, la AEMA aportó datos y evaluaciones de los IDS, para medir los progresos en las dimensiones ambientales de la estrategia de desarrollo sostenible (EEA, 2000).

En el año 2002, se desarrolló la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en Johannesburgo, Sudáfrica en la cual se establecen medidas específicas y concretas para solucionar los problemas que afectan a la humanidad (CAMMA, 2002).

Un paso importante en el diseño de sistemas de indicadores para la industria minera, lo constituye la metodología propuesta por la GRI, para la elaboración de reportes de sostenibilidad sobre las actuaciones económicas, medioambientales y sociales de las empresas mineras, la cual parte de las tres dimensiones del concepto de desarrollo sostenible y establece la necesidad de incorporar los indicadores de sostenibilidad a otras actividades humanas.

- Nacional

La Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable, del año 1989, publicado por la CONAMA, en el séptimo objetivo señala la necesidad de “contar con un conjunto de indicadores de desarrollo sustentable como contribución a la toma de decisiones en la política ambiental” (Blanco, 2001). La CONAMA (Quiroga, 2001) había activado iniciativas en conjunto con otras instituciones a fines de elaborar Indicadores Regionales de Desarrollo Sustentable (IRDS), pensados para que completen un sistema para todo el país, ya que desde el año 2000 se estaba trabajando con el “diseño de un grupo piloto de indicadores nacionales”, presentando como marco ordenador la constitución de cuatro familias correspondientes a: i) Soporte físico ambiental de la economía, ii) Acceso y apropiación de satisfactores de necesidades humanas, iii) Sistemas de soporte vital y iv) Respuesta social e institucional.

Al ser indicadores regionales el espacio de acción se acota y por lo tanto sólo se consideran los de relevancia para el territorio para el cual han sido definidos (Blanco, 2001).

En principio se definieron 18 indicadores nacionales de desarrollo sostenible, categorizados según la disponibilidad de estadísticas primarias para estimar el valor del indicador, siendo éstas: disponibilidad inmediata; mediata y ulterior (Quiroga, 2001). Los indicadores nacionales sirvieron de marco referencial para la definición

de IRDS, que poseen un tronco común de 9 indicadores y que a la región del Biobío le permitió establecer 5 indicadores.

Esta experiencia de definir IRDS permitió sacar algunas lecciones, que según plantea Blanco (2001) son: i) Una definición de desarrollo sustentable, ii) el paso desde un objetivo a un indicador, iii) definir cuantos indicadores son los necesarios, iv) de qué manera se pueden agregar indicadores en un solo índice, v) lo complejo de postemas, vi) como tratar la dimensión temporal y de qué modo realizar comparaciones, vii) incorporar la participación ciudadana y una política descentralizadora más que centralista en la definición de los IRDS.

Actualmente, Chile ha avanzado en la definición de IRDS, presentando el año 2015 a través del Observatorio de Sostenibilidad el primer informe denominado “Sostenibilidad de Chile y sus Regiones, 2015”, en donde se presentan un conjunto de indicadores comparativos en la línea de 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), que ponen al país en un contexto comparativo a la OCDE y que delinean la situación correspondiente a cada una de las regiones de Chile, presentación que se destina a informar y abrir debate sobre los distintos aspectos envueltos, lo cual se espera sea una contribución para el diseño de la política pública.

El año 2016, para la elaboración del “Informe de Sostenibilidad Chile 2016”, se realizó una investigación y análisis sobre el marco teórico de la sostenibilidad, desde diferentes perspectivas y marcos metodológicos, instrumentos y mecanismos de medición, enmarcando el enfoque metodológico planteado en un enfoque no experimental, descriptivo y analítico, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

- Investigación bibliográfica, resultado que ha permitido identificar formalmente el estado del arte, tomar las referencias necesarias y realizar posteriores trabajos y líneas de investigación y profundización sobre el tema para posteriores informes.
- Recopilación información secundaria de documentos y referencias sobre la situación existente, objeto de estudio concreto, y tomar los elementos

necesarios sobre las dimensiones que conformarían el sistema de indicadores.

- Identificación y análisis crítico y constructivo de los principales ejes del debate internacional y nacional sobre el desarrollo sostenible y herramientas de medición e indicadores.
- Selección de los discursos más representativos sobre desarrollo sostenible.
- Selección de 77 indicadores alineados a los 17 ODS.
- Indicadores relacionados con los ODS. Hasta la fecha se cuenta con 69 indicadores de las 3 dimensiones, definidas de la siguiente:
 - o Dimensión económica: 18 indicadores
 - o Dimensión social: 37 indicadores
 - o Dimensión ambiental: 22 indicadores

De los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030 de Naciones Unidas, solo existe convergencia de 16 indicadores, debido a que el ODS 17 dice relación con las alianzas que deben constituirse para impulsar los dieciséis anteriores, entre ellos las alianzas necesarias para los temas de pobreza, hambre, salud, educación, salud, género, crecimiento inclusivo, desigualdad, seguridad en dimensiones económicas y sociales. Finalmente, la dimensión ambiental con temas de agua, energía, producción y consumo responsable, infraestructura, ciudades, emisiones, residuos y biodiversidad demuestra la integridad de desarrollo sostenible del “Informe de Sostenibilidad para Chile y sus regiones” (ISCL) y su total alineamiento a los ODS, como primera experiencia de medición de la sostenibilidad desde el ámbito nacional (Krol y Anan, 2016).

4.1.4 Índices de sostenibilidad

- Internacional

En cuanto a índices de sostenibilidad, a nivel internacional y para empresas resumen de manera general los siguientes:

Índice Dow Jones de Sostenibilidad, se lanzó en el año 1999 (Cerin y Dobers, 2001), a partir del parternariado entre Dow Jones Global Indexes y la empresa suiza SAM. En el año 2001, en Estados Unidos, las 200 empresas que forman parte del “Índice de Sostenibilidad Dow Jones” (DJSI), en inglés Dow Jones Sustainability Index, obtuvieron mejores resultados que el resto. Este índice está integrado por el 10% de las empresas de cada uno de los sectores que cotizan en el Dow Jones y que cumplen mejor que sus homólogas con los principios sociales y medioambientales del desarrollo sostenible.

La metodología del indicador consiste en la valoración de las empresas a través de un cuestionario, de terceros documentos y de contactos personales. Todas las cuestiones reciben una puntuación, siendo la puntuación total igual al sumatorio del producto de la puntuación de la pregunta por el peso de la cuestión y por el peso del criterio, para todos los criterios establecidos (SAM, 2002).

El GRI, es una organización creada en 1997 por la convocatoria de la Coalición de Economías Responsables del Medio Ambiente (CERES) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA). El GRI ha desarrollado la “Guía para la elaboración de un informe de sostenibilidad”, cuya primera versión surgió en el 2000, la segunda en el 2002 y la tercera en el 2006. Su misión es mejorar la calidad, rigor y utilidad de los reportes de sustentabilidad para que alcancen un nivel equivalente al de los reportes financieros. Se basa fundamentalmente en la implementación del triple balance (triple bottom line), económico, social y medioambiental (GRI, 2006).

- Nacional

En el contexto nacional, las empresas mineras se suman a las iniciativas internacionales del DJSI y el GRI, elaborando anualmente sus reportes de sostenibilidad. Por otro lado, se encuentra el ejemplo de la Bolsa de Valores de Santiago, que desde el año 2015 está haciendo esfuerzos por analizar a las empresas que cotizan, generando outputs útiles para los inversionistas, quienes podrán informarse sobre cuáles son las empresas que integran o implementan mejoras o

desarrollan programas alineados a criterios de sostenibilidad o la creación de nuevos productos de inversión, de administración pasiva (BCS, 2015). Sin embargo, este esfuerzo no ha logrado permear a todas las empresas del país, ni siquiera a aquellas de menor tamaño, debido a la asimétrica participación que tienen en el PIB, acceso a mercados y sistemas de financiamiento, a excepción de aquellas que participan en cadenas de suministro de grandes empresas o a algunas multinacionales que exigen algunos criterios en cumplimiento legal, medioambiente, seguridad o salud ocupacional.

4.2 Factores asociados a los indicadores de sostenibilidad

Realizada la búsqueda de información y aplicados los criterios de selección propuestos por el Consejo Minero y la Comisión Chilena del Cobre, se obtuvo un listado de factores críticos por dimensión de sostenibilidad identificando su fuente de información, donde la gran mayoría de éstos se encuentran disponibles en reportes de sustentabilidad de dieciocho (18) empresas de la gran minería correspondientes al periodo 2022 – 2023 y plataformas de servicios públicos.

En función de los factores críticos identificados en las empresas que representan la gran minería en Chile, y de manera general, su distribución porcentual en materias ambientales (A) es de un 40%, sociales (S) un 30% y económicas (E) un 30%, como se presenta en la siguiente figura.

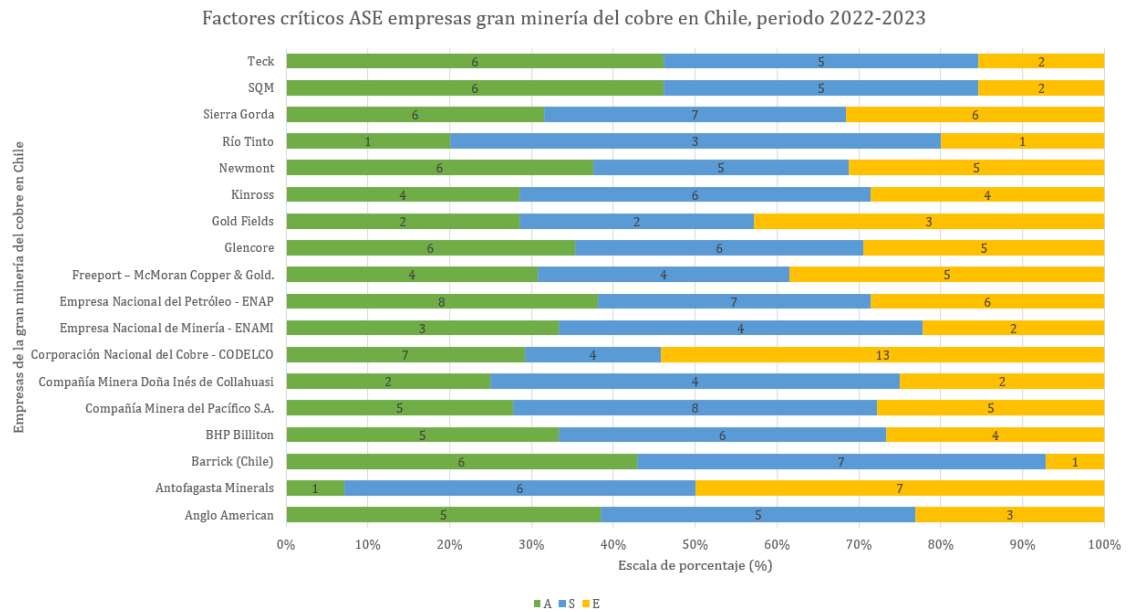


Figura 4-1: Factores críticos ASE empresas gran minería del cobre en Chile, 2022-2023
(fuente: Elaboración propia).

A continuación, en la Tabla 4-1 se presenta el listado de factores críticos por dimensiones ambiental, social y económica.

Tabla 4-1: Listado de factores por dimensión y fuente de información (fuente: Elaboración propia).

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
Ambiental	Calidad del aire (FISA1)	SEA, SEREMI de Salud
	Cambio climático (FISA2)	Reporte Sostenibilidad (RS) BHP Biliton (GRI, SASB, IFRS), RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars), RS Río Tinto (ICMM, GRI, IFRS), RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile), RS Teck (GRI, ICMM, SASB, CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)
	Carbono neutralidad (FISA3)	Huella Chile
	Certificación ISO 14.000 Sistema de Gestión Ambiental (FISA4)	INN, GRI, DJSI, Registro CDT

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
	Contrato para matriz eléctrica 100% renovable (FISA5)	RS Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (GRI, SASB)
	Cumplimiento de la normativa medioambiental (FISA6)	SMA, GRI, SASB
	Cumplimiento Medioambiental (FISA7)	SMA, GRI, SASB
	Déficit de agua para las operaciones y proyectos (FISA8)	CONICYT, COCHILCO, SNGM, Ministerio de Minería
	Descarbonización (FISA9)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Economía circular (FISA10)	RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB),
	Efectos en la biodiversidad (FISA11)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA)
	Eficiencia energética y uso de energías renovables (FISA12)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA)
	Emisiones atmosféricas (FISA13)	SEREMI de Salud
	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (FISA14)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	Estrategia climática (mitigación y adaptación) (FISA15)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA), RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	Generación de residuos (FISA16)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA), RS ENAMI, RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP), Sierra Gorda (GRI, SASB, WEF)
	Gestión ambiental (FISA17)	RS ENAMI, RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standards)
	Gestión de energía (FISA18)	RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile), RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB)
	Gestión de relaves y residuos mineros (FISA19)	COCHILCO, SNGM, Ministerio de Minería, SONAMI
	Gestión de residuos (FISA20)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Sierra Gorda (GRI, SASB, WEF)
	Gestión de sustancias peligrosas (FISA21)	RS Barrick (GRI, IFC, OECD, TCFD)
	Gestión del agua (FISA22)	RS Barrick (GRI, IFC, OECD, TCFD), RS Freeport –

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
		McMoran Copper (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Gold Fields, RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile), RS Teck (GRI, ICMM, SASB, CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)
	Número de incidentes medioambientales documentados (FISA23)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	ODS 13 Acción por el clima (FISA24)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 6 Agua limpia y saneamiento (FISA25)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	Plan de cierre (FISA26)	RS ENAMI
	Producción responsable (FISA27)	RS Teck (GRI, ICMM, SASB, CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)
	Protección de la biodiversidad (FISA28)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA), RS Barrick (GRI, IFC, OECD, TCFD), RS BHP (GRI, SASB, IFRS), RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB), RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Freeport – McMoran Copper (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP), RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars), RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile), RS Teck (GRI, ICMM, SASB, CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)
	Pueblos indígenas (FISA29)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM), RS BHP (GRI, SASB, IFRS), RS Freeport – McMoran Copper (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP), RS Teck (GRI, ICMM, SASB,

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
		CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)
	Reducción de emisiones (FISA30)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Reducción de huella hídrica (FISA31)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Reducción huella de carbono (FISA32)	Huella Chile
	Residuos industriales generados en el proceso productivo (FISA33)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Resiliencia climática (FISA34)	RS Gold Fields, RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD)
	Riesgo del agua (FISA35)	CONICYT, CRHIAM
	Riesgos de cambio climático (FISA36)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Tranques sustentables (FISA37)	COCHILCO, SNGM, Ministerio de Minería
	Uso eficiente de energía (FISA38)	SEC, GRI
Social	Acoso sexual (FISS1)	RS BHP (GRI, SASB, IFRS)
	Atracción, retención y desarrollo del talento (FISS2)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM), RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Bienestar (FISS3)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA), RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Gold Fields, RS Río Tinto (ICMM, GRI, IFRS)
	Certificación ISO 26.000 Responsabilidad Social (FISS4)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Certificación ISO 31.000 Gestión de Riesgos (FISS5)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Compromisos con pueblos originarios (FISS6)	RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD)
	Cultura de seguridad y salud (FISS7)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM)
	Cultura organizacional y clima (FISS8)	RS Sierra Gorda (GRI, SASB, WEF)
	Derechos humanos (FISS9)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP),

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
		RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars), RS Río Tinto (ICMM, GRI, IFRS), RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile), RS Teck (GRI, ICMM, SASB, CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)
	Desarrollo de talentos (FISS10)	RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB), RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	Desarrollo del territorio con valor social (FISS11)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Diálogo y vinculación con las comunidades y pueblos indígenas (FISS12)	CONADI, GRI
	Diversidad, equidad e inclusión (FISS13)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA), RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP)
	Empleo total directo (FISS14)	MMA, SINIA, IEMA, Dirección del Trabajo, SERNAGEOMIN, SMA
	Empleo total indirecto (FISS15)	MMA, SINIA, IEMA, Dirección del Trabajo, SERNAGEOMIN, SMA
	Futuro del trabajo y reconversión de fuerza laboral (FISS16)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA)
	Gestión de las relaciones comunitarias (FISS17)	RS ENAMI, RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Gold Fields, RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP), RS Sierra Gorda (GRI, SASB, WEF), RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile), RS Teck (GRI, ICMM, SASB, CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)
	Gestión de Salud, Seguridad Ocupacional y Bienestar (FISS18)	RS Glencore (GRI, ICMM), RS Río Tinto (ICMM, GRI, IFRS)
	Gestión del capital humano (FISS19)	RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP)

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
	Igualdad de oportunidades (FISS20)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA)
	Inversiones en actividades de interés público, social o de interés para la comunidad (FISS21)	RS Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (GRI, SASB)
	Libertad de asociación y negociación colectiva (FISS22)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	Licencia social para operar (FISS23)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Mano de obra local (FISS24)	OMIL, Ministerio del Trabajo, GRI, DJSI
	Número de conflictos con las comunidades indígenas (FISS25)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD), CONADI
	ODS 1 Fin de la pobreza (FISS26)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 10 Reducción de las desigualdades (FISS27)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 4 Educación de calidad (FISS28)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 5 Igualdad de género (FISS29)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	Planes y sistemas robustos de respuesta a emergencias (FISS30)	RS Barrick (GRI, IFC, OECD, TCFD)
	Prácticas laborales justas (FISS31)	RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile)
	Remuneración promedio trabajadores sector minero (FISS32)	AFP, Ministerio del Trabajo, COCHILCO, SERNAGEOMIN, Ministerio de Minería, SONAMI
	Seguridad patrimonial (FISS33)	RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars)
	Tasa de sindicalización (FISS34)	Ministerio del Trabajo, SERNAGEOMIN
	Tasa de siniestralidad (FISS35)	SUCESO, SERNAGEOMIN
	Transparencia, comunicación y confianza (FISS36)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM)
	Transparencia, ética, cumplimiento, comunicación y confianza (FISS37)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM), RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD), RS ENAMI, RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG,

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
		IFRS, TCFD, CDP), RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars)
	Valor social y desarrollo de capacidades (FISS38)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM)
Económica	Certificación ISO 27.000 Gestión Seguridad de la Información (FISE1)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD), RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP)
	Compliance (FISE2)	RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Sierra Gorda (GRI, SASB, WEF)
	Continuidad operacional (FISE3)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	Cumplimiento legal y normativo (FISE4)	RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB), RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Desarrollo de proveedores (FISE5)	RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB), RS Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (GRI, SASB)
	Desarrollo económico local (FISE6)	RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD)
	Desempeño económico (FISE7)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM), RS BHP (GRI, SASB, IFRS)
	Desempeño y excelencia operacional (FISE8)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Digitalización, Ciberseguridad y Privacidad de Datos (FISE9)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD), RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP)
	Disminución del valor en el portafolio de inversiones de capital (FISE10)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Ética, probidad, transparencia, compliance y conducta empresarial (FISE11)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Exposición al riesgo de mercado (FISE12)	RS Gold Fields
	Garantías financieras planes de cierre (FISE13)	RS ENAMI, Deloitte, PwC
	Gasto en I+D del sector minero/Gasto en I+D país (FISE14)	CONICYT, COCHILCO, SNGM, Ministerio de Minería

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
	Gestión Responsable del Negocio (FISE15)	RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile)
	Gestión sostenible de contratistas y de la cadena de suministros (FISE16)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	Gobernanza de la sostenibilidad (FISE17)	RS BHP (GRI, SASB, IFRS)
	Gobierno corporativo (FISE18)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA), RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM), RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars)
	Importaciones Bienes de Capital Minería/Importaciones Bienes de Capital País (FISE19)	Banco Central, COCHILCO, SNGM, Ministerio de Minería, SONAMI
	Innovación y tecnología (FISE20)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA), RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM), RS Barrick (GRI, IFC, OECD, TCFD), RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Sierra Gorda (GRI, SASB, WEF), RS SQM (GRI, OECD, CDP, DSJ, Huella Chile)
	Interrupción de servicios críticos (FISE21)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Inviabilidad económica de operaciones de las fundiciones y refinerías estratégicas (FISE22)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Nuevas regulaciones, incertidumbre regulatoria y permisos (FISE23)	RS Antofagasta Minerals (GRI, SASB, ICMM)
	ODS 9 Industria, innovación e infraestructura (FISE24)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	Pérdida de competitividad comercial (FISE25)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	PIB Minero/PIB País (FISE26)	Banco Central, COCHILCO, SNGM, Ministerio de Minería, SONAMI
	Producción anual vendida (FISE27)	COCHILCO, Consejo Minero, GRI, DJSI, SONAMI
	Protección industrial (FISE28)	

Dimensiones de desarrollo sostenible	Factores críticos	Fuente
	Reservas Probadas/Reservas Evidenciadas (FISE29)	Banco Central, CRU, COCHILCO, CMF, Comisión Minera
	Resiliencia y adaptación (FISE30)	RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD)
	Riesgos financieros: liquidez y acceso a financiamiento (FISE31)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD), Deloitte, PwC
	Salarios y remuneración responsable (FISE32)	RS Barrick (GRI, IFC, OECD, TCFD), Dirección del Trabajo, Deloitte, PwC
	Satisfacción de clientes (FISE33)	RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
	Sostenibilidad económica (FISE34)	RS CMP (GRI, CMF, TCFD, SASB)
	Valor compartido (FISE35)	RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars)
	Velocidad en el desarrollo de soluciones innovadoras (FISE36)	RS CODELCO (SASB, GRI, ICMM, TCFD)
	Ventas netas anuales (FISE37)	COCHILCO, GRI, SONAMI, Consejo Minero, DJSI

En la Tabla 4-2 se presenta el listado de factores críticos por dimensiones socioambiental, económico-ambiental, socioeconómico y socio-económico-ambiental.

Tabla 4-2: Listado de factores por dimensión y fuente de información, continuación Tabla VII (fuente: Elaboración propia).

Zonas de intersección de dimensiones	Factores críticos	Fuente
Socio-ambiental	Convenios de largo plazo con comunidades (FISSA1)	RS Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (GRI, SASB)
	Cultura y gestión del patrimonio (FISSA2)	RS Río Tinto (ICMM, GRI, IFRS)
	Huella ecológica (FISSA3)	CEPAL, Pacto Global Red Chile
	ODS 14 Vida submarina (FISSA4)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 15 Vida de ecosistemas terrestres (FISSA5)	Chile Agenda 2030, Reportes de

Zonas de intersección de dimensiones	Factores críticos	Fuente
		Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	Tasa de frecuencia de accidentes (FISSA6)	Ministerio del Trabajo, SERNAGEOMIN, SUCESO
	Tasa de gravedad de accidentes (FISSA7)	Ministerio del Trabajo, SERNAGEOMIN, SUCESO
Económico-ambiental	Análisis de ciclo de vida (FISEA1)	GRI, ISO 14000
	Consumo de agua (FISEA2)	COCHILCO, GRI, DJSI
	Consumo de energía (FISEA3)	COCHILCO, GRI
	Consumo de suelo (FISEA4)	COCHILCO, GRI, DJSI
	Emisiones de gases con efecto invernadero (FISEA5)	GRI, Banco Central, Ministerio Energía
	ODS 12 Producción y consumo responsable (FISEA6)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	Uso de agua (FISEA7)	CONICYT, CRHIAM
	Uso de energía (FISEA8)	RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), Ministerio de Energía, CNE
	Socio-económico	Aporte al emprendimiento local (FISSE1)
Creación de valor y sostenibilidad financiera (FISSE2)		RS ENAP (GRI, CMF, SASB)
Desarrollo comunitario y contribución socioeconómica (FISSE3)		RS Barrick (GRI, IFC, OECD, TCFD)
Desarrollo Económico Local (FISSE4)		RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Glencore (GRI, ICMM), ENAMI, COCHILCO
Diversidad de género (FISSE5)		OCDE, GRI
Electrificación proceso de transporte de personas (FISSE6)		RS Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (GRI, SASB)
Generación de empleo (FISSE7)		GRI, OMIL, Ministerio del Trabajo, DJSI
Generación de Valor Compartido (FISSE8)		RS Kinross (GRI, RGMP, UNGC, SASB, SDG, IFRS, TCFD, CDP)
Gestión de la cadena de valor (FISSE9)		RS ENAP (GRI, CMF, SASB), RS Teck (GRI, ICMM, SASB, CDP, TCFD, TSM, MAC, GISTM)

Zonas de intersección de dimensiones	Factores críticos	Fuente
	Indicadores de pobreza (FISSE10)	OCDE, PIB, Ministerio Desarrollo Social
	Inversión social (FISSE11)	RS Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (GRI, SASB)
	ODS 3 Salud y Bienestar (FISSE12)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 8 Trabajo decente y crecimiento económico (FISSE13)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
Socio-económico-ambiental	Análisis de línea de producto (FISSEA1)	GRI, ISO 14000, ISO 9000
	Gestión de impactos operacionales (FISSEA2)	COCHILCO, SNGM, Ministerio de Minería, SONAMI
	Gestión de Riesgos (FISSEA3)	RS Freeport – McMoran Copper & Gold (ICMM, GRI, SASB, IFRS, OECD, TCFD), RS Glencore (GRI, ICMM), RS Newmont (SASB, GRI, UN Guiding Principles, EITI Expectations, ICMM, WGC Standars), RS Río Tinto (ICMM, GRI, IFRS)
	Global Reporting Initiative (GRI) (FISSEA4)	GRI
	Índice Dow Jones de Sostenibilidad (FISSEA5)	DJSI
	ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles (FISSEA6)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 16 Paz, justicia e instituciones sólidas (FISSEA7)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 17 Alianzas para lograr los objetivos (FISSEA8)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	ODS 2 Hambre cero (FISSEA9)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA

Zonas de intersección de dimensiones	Factores críticos	Fuente
	ODS 7 Energía asequible y no contaminante (FISSEA10)	Chile Agenda 2030, Reportes de Sustentabilidad 2022-2023, MMA, SINIA, IEMA
	Restricciones para la transformación de recursos en reservas (FISSEA11)	CMF, Comisión Minera, SONAMI
	Stakeholders Sustainability Index Chile™ (SSIndex Chile) (FISSEA12)	DJSI
	Suministro de agua en comunidades afectadas por la sequía o sin acceso a agua potable (FISSEA13)	RS Anglo American (GRI, SASB, IFC, IRMA)

Obtenido el listado de factores por dimensión de sostenibilidad, se les aplicó una evaluación cualitativa mediante un panel de expertos (entrevista), a fines de identificar los factores críticos de mayor importancia para establecer indicadores de sostenibilidad, cuyo respaldo de entrevistas se adjunta en el **Anexo 8.1** Entrevistas Factores Críticos, los cuáles fueron analizados estadísticamente a través de un análisis de frecuencia, según la metodología descrita en el punto 3.2, obteniendo como resultado los factores críticos señalados en la columna “Factores A” de la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Presentación de resultados del análisis de frecuencia (fuente: Elaboración propia).

Indicador	Factores A	Frecuencia	Factores A’
ISA	FISA1	1	-
	FISA2	4	FISA2
	FISA3	0	-
	FISA4	1	-
	FISA5	0	-
	FISA6	6	FISA6
	FISA7	1	-
	FISA8	1	-
	FISA9	2	FISA9
	FISA10	1	-
	FISA11	2	FISA11
	FISA12	0	-
	FISA13	0	-
	FISA14	0	-
	FISA15	2	FISA15
	FISA16	1	-

Indicador	Factores A	Frecuencia	Factores A'
	FISA ₁₇	2	FISA ₁₇
	FISA ₁₈	0	-
	FISA ₁₉	2	FISA ₁₉
	FISA ₂₀	0	-
	FISA ₂₁	2	FISA ₂₁
	FISA ₂₂	1	-
	FISA ₂₃	0	-
	FISA ₂₄	0	-
	FISA ₂₅	0	-
	FISA ₂₆	0	-
	FISA ₂₇	0	-
	FISA ₂₈	1	-
	FISA ₂₉	0	-
	FISA ₃₀	0	-
	FISA ₃₁	0	-
	FISA ₃₂	0	-
	FISA ₃₃	0	-
	FISA ₃₄	0	-
	FISA ₃₅	0	-
	FISA ₃₆	0	-
	FISA ₃₇	0	-
	FISA ₃₈	0	-
ISS	FISS ₁	1	-
	FISS ₂	1	-
	FISS ₃	0	-
	FISS ₄	1	-
	FISS ₅	0	-
	FISS ₆	2	FISS ₆
	FISS ₇	1	-
	FISS ₈	0	-
	FISS ₉	3	FISS ₉
	FISS ₁₀	0	-
	FISS ₁₁	1	-
	FISS ₁₂	1	-
	FISS ₁₃	0	-
	FISS ₁₄	0	-
	FISS ₁₅	0	-
	FISS ₁₆	0	-
	FISS ₁₇	2	FISS ₁₇
	FISS ₁₈	1	-
	FISS ₁₉	1	-
	FISS ₂₀	1	-
	FISS ₂₁	1	-
	FISS ₂₂	0	-
	FISS ₂₃	2	FISS ₂₃
	FISS ₂₄	0	-
	FISS ₂₅	0	-
	FISS ₂₆	0	-

Indicador	Factores A	Frecuencia	Factores A'
	FISS ₂₇	2	FISS ₂₇
	FISS ₂₈	0	-
	FISS ₂₉	1	-
	FISS ₃₀	1	-
	FISS ₃₁	1	-
	FISS ₃₂	0	-
	FISS ₃₃	1	-
	FISS ₃₄	0	-
	FISS ₃₅	0	-
	FISS ₃₆	2	FISS ₃₆
	FISS ₃₇	2	FISS ₃₇
	FISS ₃₈	1	-
ISE	FISE ₁	0	-
	FISE ₂	2	FISE ₂
	FISE ₃	4	FISE ₃
	FISE ₄	7	FISE ₄
	FISE ₅	0	-
	FISE ₆	1	-
	FISE ₇	1	-
	FISE ₈	3	FISE ₈
	FISE ₉	1	-
	FISE ₁₀	0	-
	FISE ₁₁	2	FISE ₁₁
	FISE ₁₂	0	-
	FISE ₁₃	0	-
	FISE ₁₄	0	-
	FISE ₁₅	2	FISE ₁₅
	FISE ₁₆	0	-
	FISE ₁₇	0	-
	FISE ₁₈	1	-
	FISE ₁₉	0	-
	FISE ₂₀	0	-
	FISE ₂₁	0	-
	FISE ₂₂	1	-
	FISE ₂₃	0	-
	FISE ₂₄	0	-
	FISE ₂₅	0	-
	FISE ₂₆	2	FISE ₂₆
	FISE ₂₇	0	-
	FISE ₂₈	1	-
	FISE ₂₉	0	-
	FISE ₃₀	0	-
	FISE ₃₁	0	-
	FISE ₃₂	0	-
	FISE ₃₃	0	-
	FISE ₃₄	1	-
	FISE ₃₅	1	-
	FISE ₃₆	0	-

Indicador	Factores A	Frecuencia	Factores A'
	FISE ₃₇	0	-
ISSA	FISSA ₁	9	FISSA ₁
	FISSA ₂	7	FISSA ₂
	FISSA ₃	3	FISSA ₃
	FISSA ₄	0	-
	FISSA ₅	6	FISSA ₅
	FISSA ₆	2	FISSA ₆
	FISSA ₇	3	FISSA ₇
ISEA	FISEA ₁	5	FISEA ₁
	FISEA ₂	7	FISEA ₂
	FISEA ₃	4	FISEA ₃
	FISEA ₄	1	-
	FISEA ₅	6	FISEA ₅
	FISEA ₆	2	FISEA ₆
	FISEA ₇	2	FISEA ₇
	FISEA ₈	3	FISEA ₈
ISSE	FISSE ₁	1	-
	FISSE ₂	4	FISSE ₂
	FISSE ₃	6	FISSE ₃
	FISSE ₄	3	FISSE ₄
	FISSE ₅	2	FISSE ₅
	FISSE ₆	1	-
	FISSE ₇	3	FISSE ₇
	FISSE ₈	3	FISSE ₈
	FISSE ₉	1	-
	FISSE ₁₀	1	-
	FISSE ₁₁	2	FISSE ₁₁
	FISSE ₁₂	2	FISSE ₁₂
	FISSE ₁₃	1	-
ISSEA	FISSEA ₁	3	FISSEA ₁
	FISSEA ₂	6	FISSEA ₂
	FISSEA ₃	7	FISSEA ₃
	FISSEA ₄	2	FISSEA ₄
	FISSEA ₅	0	-
	FISSEA ₆	1	-
	FISSEA ₇	2	FISSEA ₇
	FISSEA ₈	1	-
	FISSEA ₉	0	-
	FISSEA ₁₀	1	-
	FISSEA ₁₁	2	FISSEA ₁₁
	FISSEA ₁₂	2	FISSEA ₁₂
	FISSEA ₁₃	3	FISSEA ₁₃

Posterior al análisis de datos, se normalizó la información en función de los factores críticos que forman parte de cada indicador de sostenibilidad y su valor de importancia, expresando los resultados en la Tabla 4-4, identificando Indicador,

Factores Críticos y Valor de Importancia (Pij), según la metodología descrita en el punto 3.2.

Tabla 4-4: Resultados de la caracterización de factores asociados a cada indicador de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

Indicador	Factores Críticos	Pij
ISA	FISA ₂	0,1
	FISA ₆	0,2
	FISA ₉	0,1
	FISA ₁₁	0,1
	FISA ₁₅	0,1
	FISA ₁₇	0,1
	FISA ₁₉	0,1
	FISA ₂₁	0,1
ISS	FISS ₆	0,1
	FISS ₉	0,1
	FISS ₁₇	0,1
	FISS ₂₃	0,1
	FISS ₂₇	0,1
	FISS ₃₆	0,1
	FISS ₃₇	0,1
ISE	FISE ₂	0,1
	FISE ₃	0,1
	FISE ₄	0,2
	FISE ₈	0,1
	FISE ₁₁	0,1
	FISE ₁₅	0,1
	FISE ₂₆	0,1
ISSA	FISSA ₁	0,3
	FISSA ₂	0,2
	FISSA ₃	0,1
	FISSA ₅	0,2
	FISSA ₆	0,1
	FISSA ₇	0,1
	ISEA	FISEA ₁
FISEA ₂		0,2
FISEA ₃		0,1
FISEA ₅		0,2
FISEA ₆		0,1
FISEA ₇		0,1
FISEA ₈		0,1
ISSE		FISSE ₂
	FISSE ₃	0,2
	FISSE ₄	0,1
	FISSE ₅	0,1
	FISSE ₇	0,1
	FISSE ₈	0,1

Indicador	Factores Críticos	P _{ij}
	FISSE ₁₁	0,1
	FISSE ₁₂	0,1
ISSEA	FISSEA ₁	0,1
	FISSEA ₂	0,2
	FISSEA ₃	0,2
	FISSEA ₄	0,1
	FISSEA ₇	0,1
	FISSEA ₁₁	0,1
	FISSEA ₁₂	0,1
	FISSEA ₁₃	0,1

De la Tabla 4-4 se desprende que para cada indicador de sostenibilidad sus factores críticos son:

ISA

- FISA2: Cambio climático
- FISA6: Cumplimiento de la normativa medioambiental
- FISA9: Descarbonización
- FISA11: Efectos en la biodiversidad
- FISA15: Estrategia climática (mitigación y adaptación)
- FISA17: Gestión ambiental
- FISA19: Gestión de relaves y residuos mineros
- FISA21: Gestión de sustancias peligrosas

ISS

- FISS3: Bienestar
- FISS9: Derechos humanos
- FISS17: Gestión de las relaciones comunitarias
- FISS26: ODS 1 Fin de la pobreza
- FISS27: ODS 10 Reducción de las desigualdades
- FISS36: Transparencia, comunicación y confianza
- FISS37: Transparencia, ética, cumplimiento, comunicación y confianza

ISE

- FISE2: Compliance
- FISE3: Continuidad operacional
- FISE4: Cumplimiento legal y normativo
- FISE8: Desempeño y excelencia operacional
- FISE11: Ética, probidad, transparencia, compliance y conducta empresarial
- FISE15: Gestión Responsable del Negocio
- FISE26: PIB Minero/PIB País

ISSA

- FISSA1: Convenios de largo plazo con comunidades
- FISSA2: Cultura y gestión del patrimonio
- FISSA3: Huella ecológica
- FISSA5: ODS 15 Vida de ecosistemas terrestres
- FISSA6: Tasa de frecuencia de accidentes
- FISSA7: Tasa de gravedad de accidentes

ISEA

- FISEA1: Análisis de ciclo de vida
- FISEA2: Consumo de agua
- FISEA3: Consumo de energía
- FISEA5: Emisiones de gases con efecto invernadero
- FISEA6: ODS 12 Producción y consumo responsable
- FISEA7: Uso de agua
- FISEA8: Uso de energía

ISSE

- FISSE2: Creación de valor y sostenibilidad financiera
- FISSE3: Desarrollo comunitario y contribución socioeconómica
- FISSE4: Desarrollo Económico Local
- FISSE5: Diversidad de género
- FISSE7: Generación de empleo

- FISSE8: Generación de Valor Compartido
- FISSE11: Inversión social
- FISSE12: ODS 3 Salud y Bienestar

ISSEA

- FISSEA1: Análisis de línea de producto
- FISSEA2: Gestión de impactos operacionales
- FISSEA3: Gestión de Riesgos
- FISSEA4: Global Reporting Initiative (GRI)
- FISSEA7: ODS 16 Paz, justicia e instituciones sólidas
- FISSEA11: Restricciones para la transformación de recursos en reservas
- FISSEA12: Stakeholders Sustainability Index Chile™ (SSIndex Chile)
- FISSEA13: Suministro de agua en comunidades afectadas por la sequía o sin acceso a agua potable

Por lo demás y en función de los factores críticos para cada indicador de sostenibilidad, se identificaron los catorce (14) mayores riesgos para la gran minería del cobre en Chile, periodo 2022-2023 (ver Figura XXX).

14 mayores riesgos de la gran minería del cobre en Chile 2022 - 2023

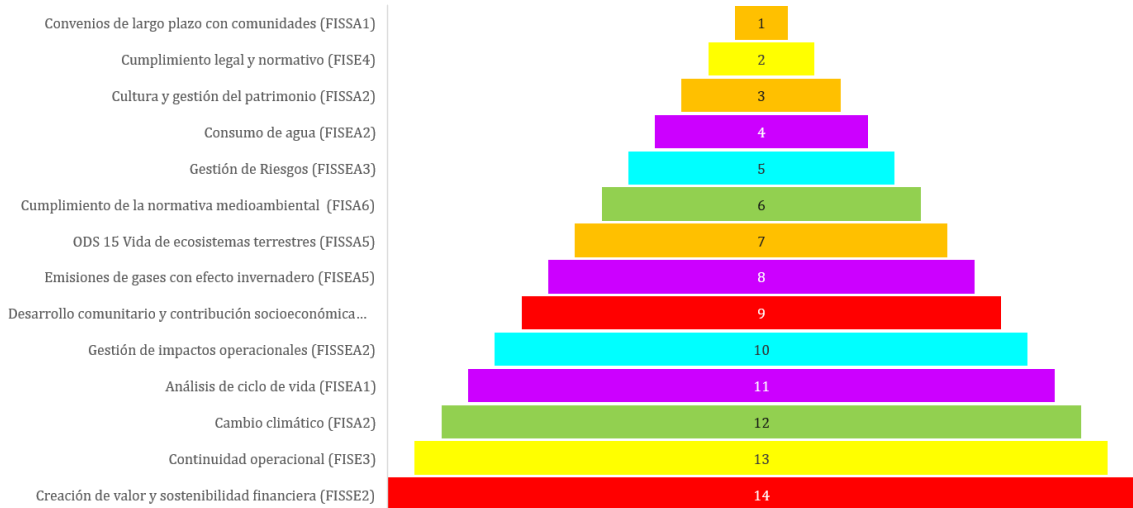


Figura 4-2: 14 mayores riesgos de la gran minería del cobre en Chile, 2022-2023 (fuente: Elaboración propia).

Los cuales tienen una distribución porcentual de un 25% para el ISSA y el ISEA, 15% para el ISSEA, 11% para el ISA y el ISSE, un 13% para el ISE y menor a un 13% para el ISS como se muestra en la siguiente figura.

Distribución porcentual (%) de riesgos por indicador de sostenibilidad

■ ISSA ■ ISEA ■ ISSEA ■ ISA ■ ISSE ■ ISE

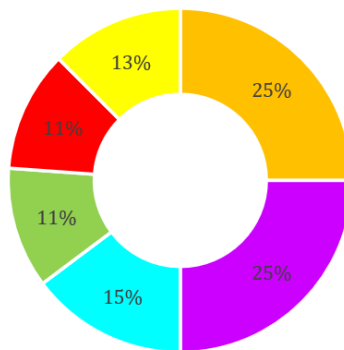


Figura 4-3: Distribución porcentual de riesgos por indicador de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

En continuidad con el proceso de normalización, se integraron mediante una ecuación matemática de agregación los factores críticos asociados a cada indicador de sostenibilidad, cuyas expresiones matemáticas son las siguientes:

Indicador de Sostenibilidad Ambiental (ISA), ver ecuación 11:

$$ISA = \frac{(4 \times FISA_2)/MaxValFISA_2 + (6 \times FISA_6)/MaxValFISA_6 + (2 \times FISA_9)/MaxValFISA_9}{0,7} \dots$$

$$\dots \frac{(2 \times FISA_{11})/MaxValFISA_{11} + (2 \times FISA_{15})/MaxValFISA_{15} + (2 \times FISA_{17})/MaxValFISA_{17}}{0,7} \dots$$

$$\dots \frac{(2 \times FISA_{19})/MaxValFISA_{19} + (2 \times FISA_{21})/MaxValFISA_{21}}{0,7}$$
(11)

Indicador de Sostenibilidad Social (ISS), ver ecuación 12:

$$ISS = \frac{(2 \times FISS_6)/MaxValFISS_6 + (3 \times FISS_9)/MaxValFISS_9 + (2 \times FISS_{17})/MaxValFISS_{17}}{0,5} \dots$$

$$\dots \frac{(2 \times FISS_{26})/MaxValFISS_{26} + (2 \times FISS_{27})/MaxValFISS_{27} + (2 \times FISS_{36})/MaxValFISS_{36}}{0,5} \dots$$

$$\dots \frac{(2 \times FISS_{37})/MaxValFISS_{37}}{0,5}$$
(12)

Indicador de Sostenibilidad Económica (ISE), ver ecuación 13:

$$ISE = \frac{(2 \times FISE_2)/MaxValFISE_2 + (4 \times FISE_3)/MaxValFISE_3 + (7 \times FISE_4)/MaxValFISE_4}{0,7} \dots$$

$$\dots \frac{(3 \times FISE_8)/MaxValFISE_8 + (2 \times FISE_{11})/MaxValFISE_{11} + (2 \times FISE_{15})/MaxValFISE_{15}}{0,7} \dots$$

$$\dots \frac{(2 \times FISE_{26})/MaxValFISE_{26}}{0,7}$$
(13)

Indicador de Sostenibilidad Socio-Ambiental (ISSA), ver ecuación 14:

$$ISSA = \frac{(9 \times FISSA_1)/MaxValFISSA_1 + (7 \times FISSA_2)/MaxValFISSA_2}{1} \dots$$

$$\dots \frac{(3 \times FISSA_3)/MaxValFISSA_3 + (6 \times FISSA_5)/MaxValFISSA_5 + (2 \times FISSA_6)/MaxValFISSA_6}{1} \dots$$

$$\dots \frac{(3 \times FISSA_7)/MaxValFISSA_7}{1}$$
(14)

Indicador de Sostenibilidad Económico-Ambiental (ISEA), ver ecuación 15:

$$\begin{aligned}
 ISEA = & \frac{(5 \times FISEA_1)/MaxValFISEA_1 + (7 \times FISEA_2)/MaxValFISEA_2}{1} \\
 & \dots \frac{(4 \times FISEA_3)/MaxValFISEA_3 + (6 \times FISEA_5)/MaxValFISEA_5 + (2 \times FISEA_6)/MaxValFISEA_6}{1} \dots \\
 & \dots \frac{(2 \times FISEA_7)/MaxValFISEA_7 + (3 \times FISEA_8)/MaxValFISEA_8}{1}
 \end{aligned} \tag{15}$$

Indicador de Sostenibilidad Socio-Económico (ISSE), ver ecuación 16:

$$\begin{aligned}
 ISSE = & \frac{(4 \times FISSE_2)/MaxValFISSE_2 + (6 \times FISSE_3)/MaxValFISSE_3}{0,8} \dots \\
 & \dots \frac{(3 \times FISSE_4)/MaxValFISSE_4 + (2 \times FISSE_5)/MaxValFISSE_5 + (3 \times FISSE_7)/MaxValFISSE_7}{0,8} \dots \\
 & \dots \frac{(3 \times FISSE_8)/MaxValFISSE_8 + (2 \times FISSE_{11})/MaxValFISSE_{11} + (2 \times FISSE_{12})/MaxValFISSE_{12}}{0,8}
 \end{aligned} \tag{16}$$

Indicador de Sostenibilidad Socio-Económico-Ambiental (ISSEA), ver ecuación 17:

$$\begin{aligned}
 ISSEA = & \frac{(3 \times FISSEA_1)/MaxValFISSEA_1 + (6 \times FISSEA_2)/MaxValFISSEA_2}{0,9} \dots \\
 & \dots \frac{(7 \times FISSEA_3)/MaxValFISSEA_3 + (2 \times FISSEA_4)/MaxValFISSEA_4 + (2 \times FISSEA_7)/MaxValFISSEA_7}{0,9} \dots \\
 & \dots \frac{(2 \times FISSEA_{11})/MaxValFISSEA_{11} + (2 \times FISSEA_{12})/MaxValFISSEA_{12} + (3 \times FISSEA_{13})/MaxValFISSEA_{13}}{0,9}
 \end{aligned} \tag{17}$$

4.3 Modelo sistémico y socio técnico conceptual

Considerando los enfoques sistémicos teóricos de la TGS y el enfoque moderno que considera a las organizaciones como un sistema sociotécnico integrado de subsistemas, se definió para las empresas de la gran minería del cobre en Chile, el modelo sistémico y socio técnico conceptual presentado en la Figura 4-4, conforme a los componentes del sistema organizacional y metodología señalada en el punto 3.3

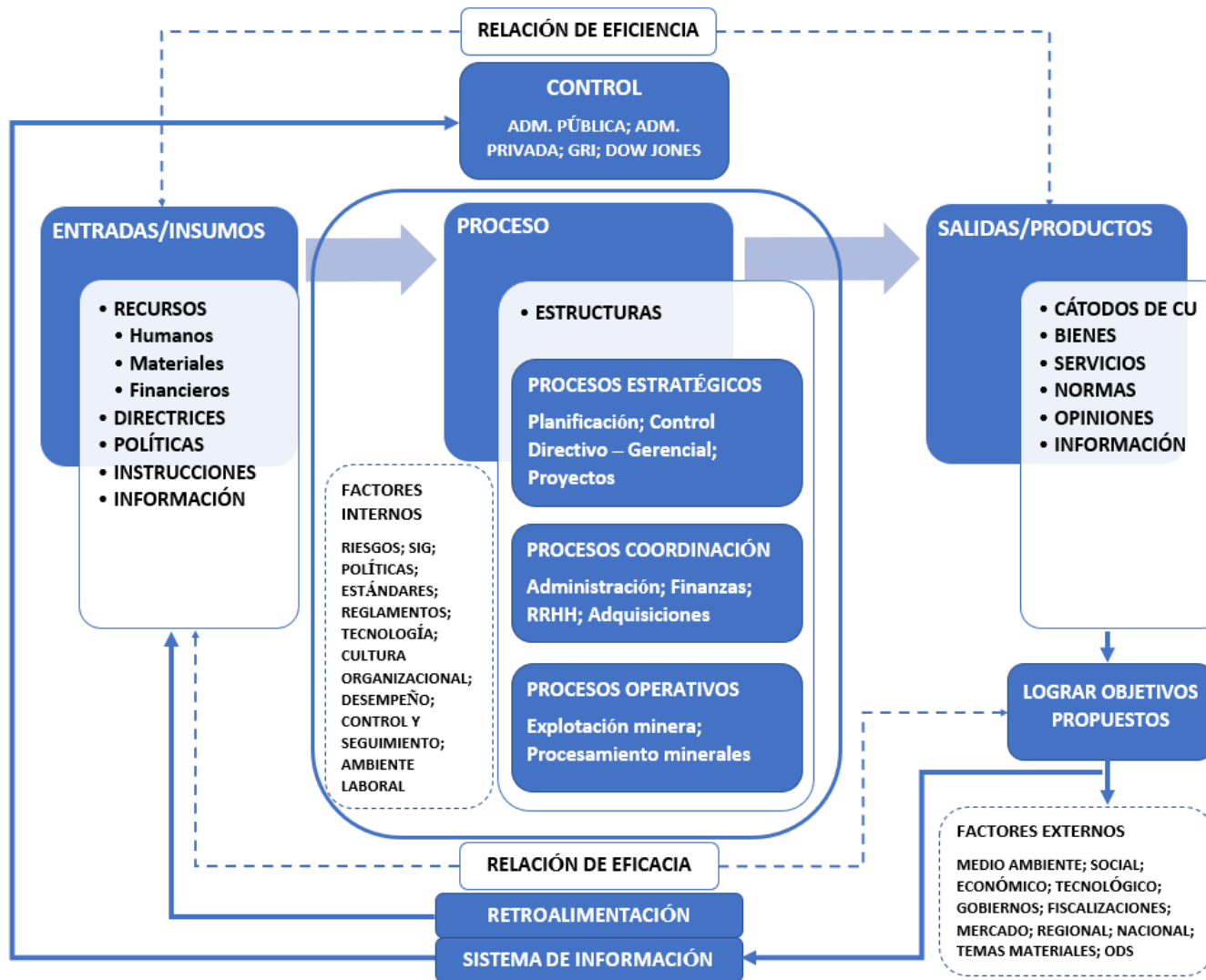


Figura 4-4: Modelo sistémico y socio técnico conceptual (fuente: Elaboración propia).

Al que luego se les incorporaron los indicadores de sostenibilidad propuestos, previo a una clasificación de éstos bajo el enfoque de sostenibilidad de la Norma Internacional ISO 14.031, que establece las directrices para la EDA.

El resultado de la clasificación que se presenta en la Tabla 4-5, expresó que al modelo sistémico y socio técnico se incorporarían un total de 33 IDAs (10 IDOs y 23 IDGs) y 18 ICAs, permitiéndolo la incorporación de éstos al modelo mediante un mapeo representado por la Figura 4-5.

Tabla 4-5: Resultados de la caracterización de factores asociados a cada indicador de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

Indicador	Factores Críticos	IDAs		ICAs
		IDO	IDG	
ISA	Cambio climático (FISA2)			X
	Cumplimiento de la normativa medioambiental (FISA6)		X	
	Descarbonización (FISA9)	X		
	Efectos en la biodiversidad (FISA11)			X
	Estrategia climática (mitigación y adaptación) (FISA15)		X	
	Gestión ambiental (FISA17)			X
	Gestión de relaves y residuos mineros (FISA19)	X		
	Gestión de sustancias peligrosas (FISA21)			X
ISS	Compromisos con pueblos originarios (FISS6)			X
	Derechos humanos (FISS9)		X	
	Gestión de las relaciones comunitarias (FISS17)		X	
	Licencia social para operar (FISS23)			X
	ODS 10 Reducción de las desigualdades (FISS27)		X	
	Transparencia, comunicación y confianza (FISS36)		X	
	Transparencia, ética, cumplimiento, comunicación y confianza (FISS37)		X	
ISE	Compliance (FISE2)		X	
	Continuidad operacional (FISE3)	X		
	Cumplimiento legal y normativo (FISE4)		X	

Indicador	Factores Críticos	IDAs		ICAs
		IDO	IDG	
	Desempeño y excelencia operacional (FISE8)	X		
	Ética, probidad, transparencia, compliance y conducta empresarial (FISE11)		X	
	Gestión Responsable del Negocio (FISE15)		X	
	PIB Minero/PIB País (FISE26)			X
ISSA	Convenios de largo plazo con comunidades (FISSA1)			X
	Cultura y gestión del patrimonio (FISSA2)			X
	Huella ecológica (FISSA3)			X
	ODS 15 Vida de ecosistemas terrestres (FISSA5)			X
	Tasa de frecuencia de accidentes (FISSA6)		X	
	Tasa de gravedad de accidentes (FISSA7)		X	
ISEA	Análisis de ciclo de vida (FISEA1)	X		
	Consumo de agua (FISEA2)			X
	Consumo de energía (FISEA3)			X
	Emisiones de gases con efecto invernadero (FISEA5)			X
	ODS 12 Producción y consumo responsable (FISEA6)		X	
	Uso de agua (FISEA7)	X		
	Uso de energía (FISEA8)	X		
ISSE	Creación de valor y sostenibilidad financiera (FISSE2)		X	
	Desarrollo comunitario y contribución socioeconómica (FISSE3)			X
	Desarrollo Económico Local (FISSE4)			X
	Diversidad de género (FISSE5)			X
	Generación de empleo (FISSE7)		X	
	Generación de Valor Compartido (FISSE8)		X	
	Inversión social (FISSE11)		X	
	ODS 3 Salud y Bienestar (FISSE12)		X	
ISSEA	Análisis de línea de producto (FISSEA1)	X		
	Gestión de impactos operacionales (FISSEA2)	X		
	Gestión de Riesgos (FISSEA3)		X	
	Global Reporting Initiative (GRI) (FISSEA4)		X	
	ODS 16 Paz, justicia e instituciones sólidas (FISSEA7)		X	

Indicador	Factores Críticos	IDAs		ICAs
		IDO	IDG	
	Restricciones para la transformación de recursos en reservas (FISSEA11)	X		
	Stakeholders Sustainability Index Chile™ (SSIndex Chile) (FISSEA12)		X	

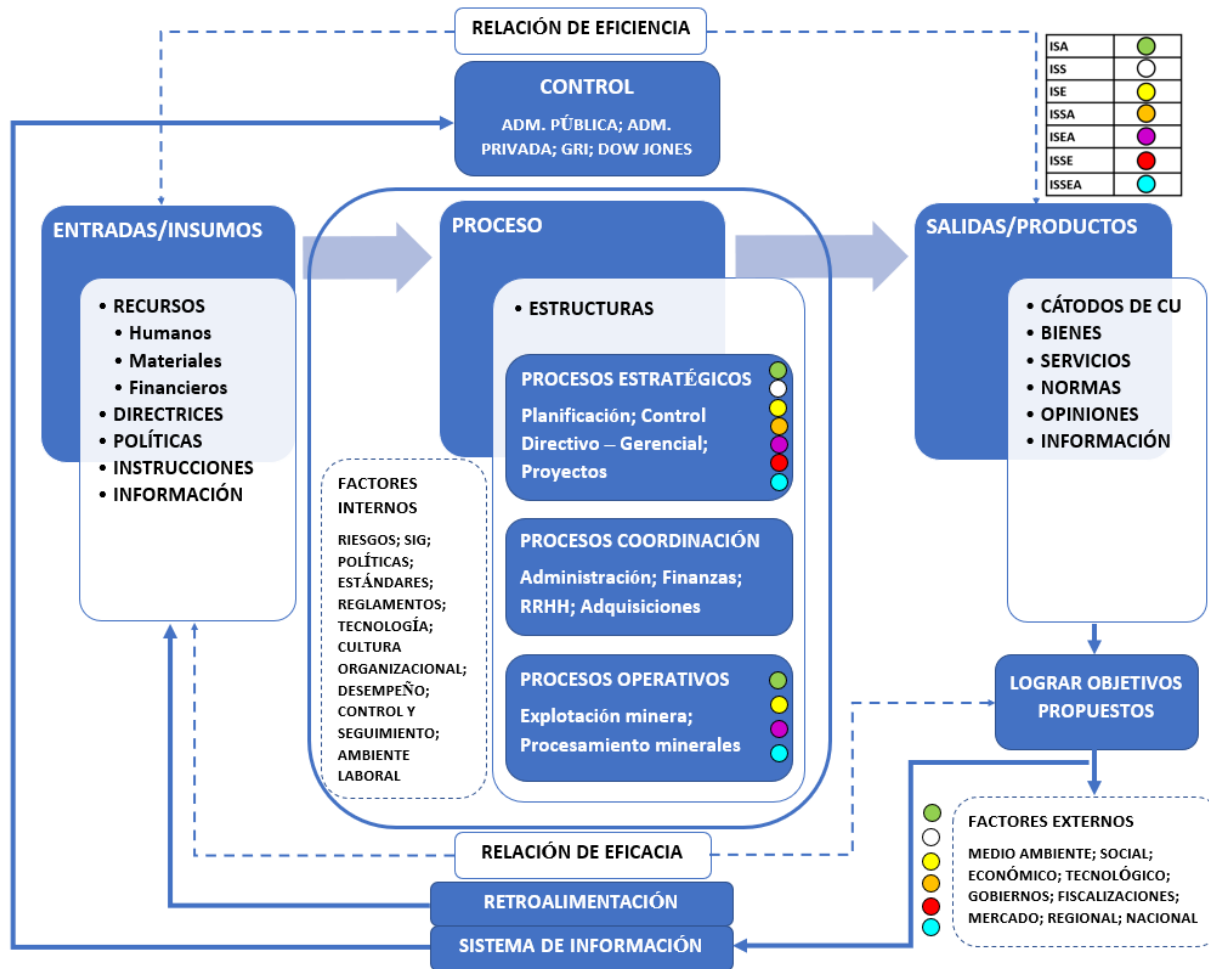


Figura 4-5: Mapeo de indicadores de sostenibilidad en modelo sistémico y socio técnico conceptual (fuente: Elaboración propia).

Una vez obtenido el mapeo de indicadores presentado en la Figura 4-5, se obtuvo la siguiente representación conceptual (ver Figura 4-6) del modelo ajustado con la teoría de la dona propuesta por la economista Kate Raworth (Raworth, 2017), los temas materiales (factores críticos), indicadores de sostenibilidad, índice y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

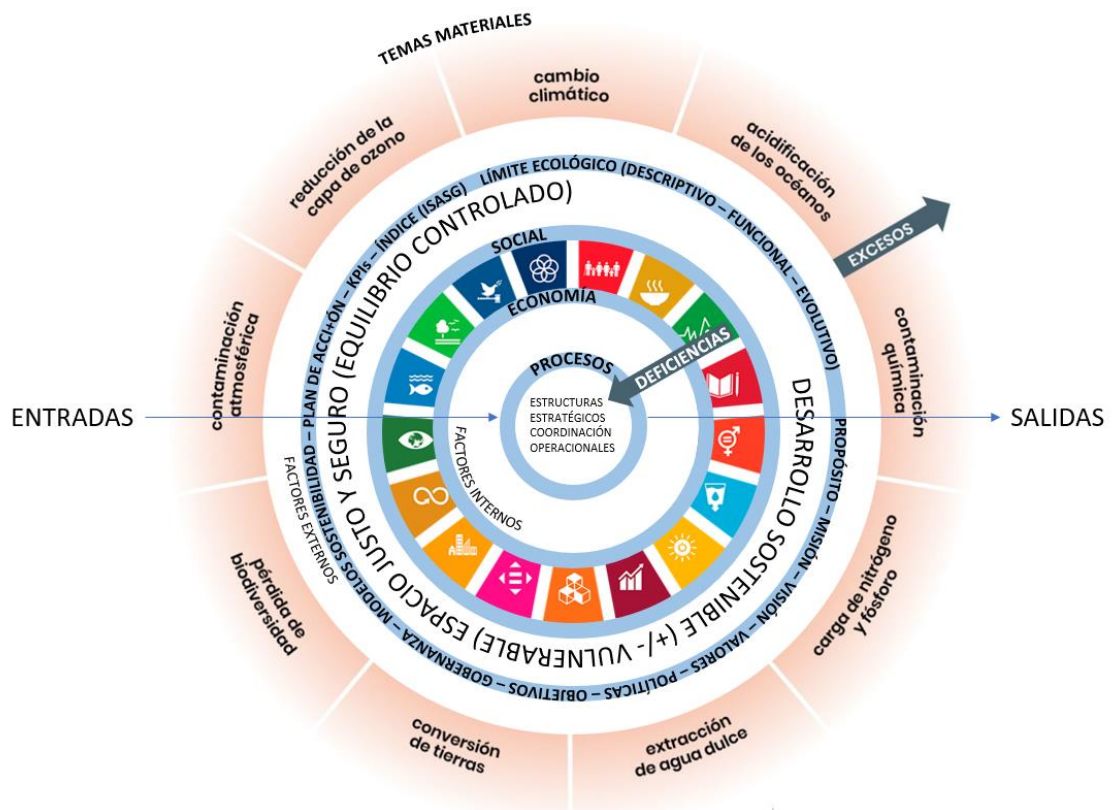


Figura 4-6: Representación conceptual del modelo ajustado a Raworth, 2017 (fuente: Elaboración propia).

4.4 Índice de sostenibilidad para empresas de la gran minería en Chile

Antes de integrar cada uno de los indicadores de sostenibilidad al índice, se realizó una segunda evaluación cualitativa mediante un panel de expertos (entrevista), a fines de establecer el orden de importancia de cada uno de los indicadores de sostenibilidad, cuyo respaldo de las entrevistas se adjunta en el **Anexo 8.2** Entrevistas Indicadores de Sostenibilidad. Información que fue analizada estadísticamente a través de la moda, determinando así el valor con mayor frecuencia en la distribución de datos.

Dichos resultados se presentan en la Tabla XII, que identifica por cada columna el Indicador y su respectivo Valor de Importancia (P_{ij}).

Tabla 4-6: Resultados de la caracterización de factores asociados a cada indicador de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

Indicador	P_{ij}
ISA	6
ISS	5
ISE	1
ISSA	3
ISEA	2
ISSE	4
ISSEA	7
Σ Total P_{ij}	28

Para luego integrar los indicadores de sostenibilidad mediante una ecuación matemática de agregación ponderada, cuya expresión matemática para el índice es (ver ecuación 18).

$$ISASG = \frac{7 \times ISSEA + 6 \times ISA + 5 \times ISS + 4 \times ISSE + 3 \times ISSA + 2 \times ISEA + 1 \times ISE}{28} \quad (18)$$

Posterior a la expresión del ISASG, se clasifica el índice y los indicadores bajo los siguientes niveles de sostenibilidad, calificaría a empresas de la gran minería del cobre en Chile como:

Índice

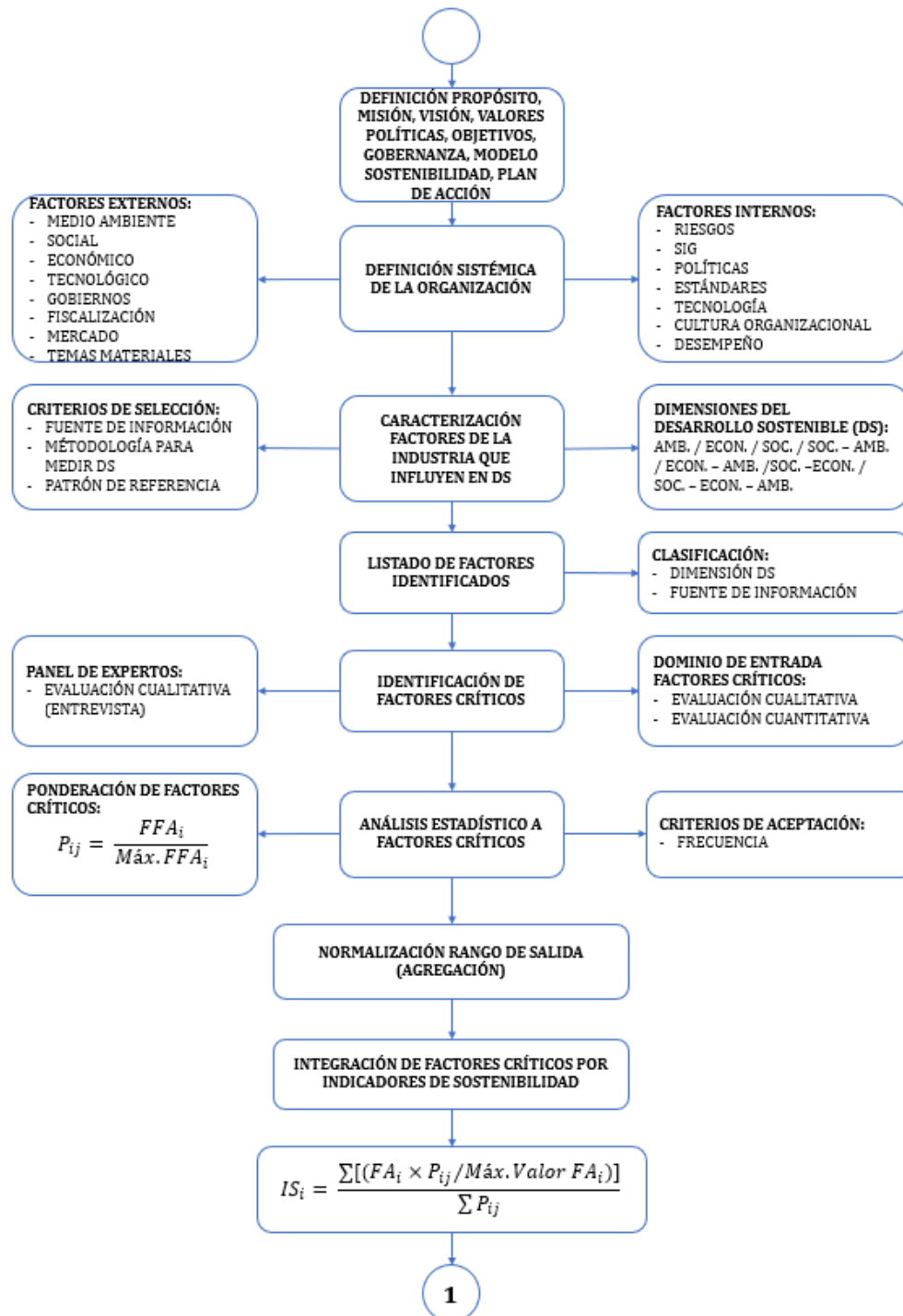
- Sostenible
- Altamente Sostenible
- Medianamente Sostenible
- Altamente Insostenible
- Insostenible

Indicadores

- ISA: Ambientalmente Sostenible; Ambientalmente Altamente Sostenible; Ambientalmente Medianamente Sostenible; Ambientalmente Altamente Insostenible; Ambientalmente Insostenible.
- ISS: Socialmente Sostenible; Socialmente Altamente Sostenible; Socialmente Medianamente Sostenible; Socialmente Altamente Insostenible; Socialmente Insostenible.
- ISE: Económicamente Sostenible; Económicamente Altamente Sostenible; Económicamente Medianamente Sostenible; Económicamente Altamente Insostenible; Económicamente Insostenible.
- ISSA: Socio-Ambientalmente Sostenible; Socio-Ambientalmente Altamente Sostenible; Socio-Ambientalmente Medianamente Sostenible; Socio-Ambientalmente Altamente Insostenible; Socio-Ambientalmente Insostenible.
- ISEA: Económico-Ambientalmente Sostenible; Económico-Ambientalmente Altamente Sostenible; Económico-Ambientalmente Medianamente Sostenible; Económico-Ambientalmente Altamente Insostenible; Económico-Ambientalmente Insostenible.
- ISSE: Socio-Económicamente Sostenible; Socio-Económicamente Altamente Sostenible; Socio-Económicamente Medianamente Sostenible; Socio-Económicamente Altamente Insostenible; Socio-Económicamente Insostenible.

- ISSEA: Socio-Económico-Ambientalmente Sostenible; Socio-Económico-Ambientalmente Altamente Sostenible; Socio-Económico-Ambientalmente Medianamente Sostenible; Socio-Económico-Ambientalmente Altamente Insostenible; Socio-Económico-Ambientalmente Insostenible.

Una vez obtenido el espectro de indicadores con los factores que conformarán el índice, se elaboró el algoritmo del modelo matemático de integración, identificando cada una de las etapas para el ingreso de información, entregando un valor numérico que, apoyado con una escala de desarrollo sostenible, representará el nivel de sostenibilidad de la empresa minera (ver Figura 9).



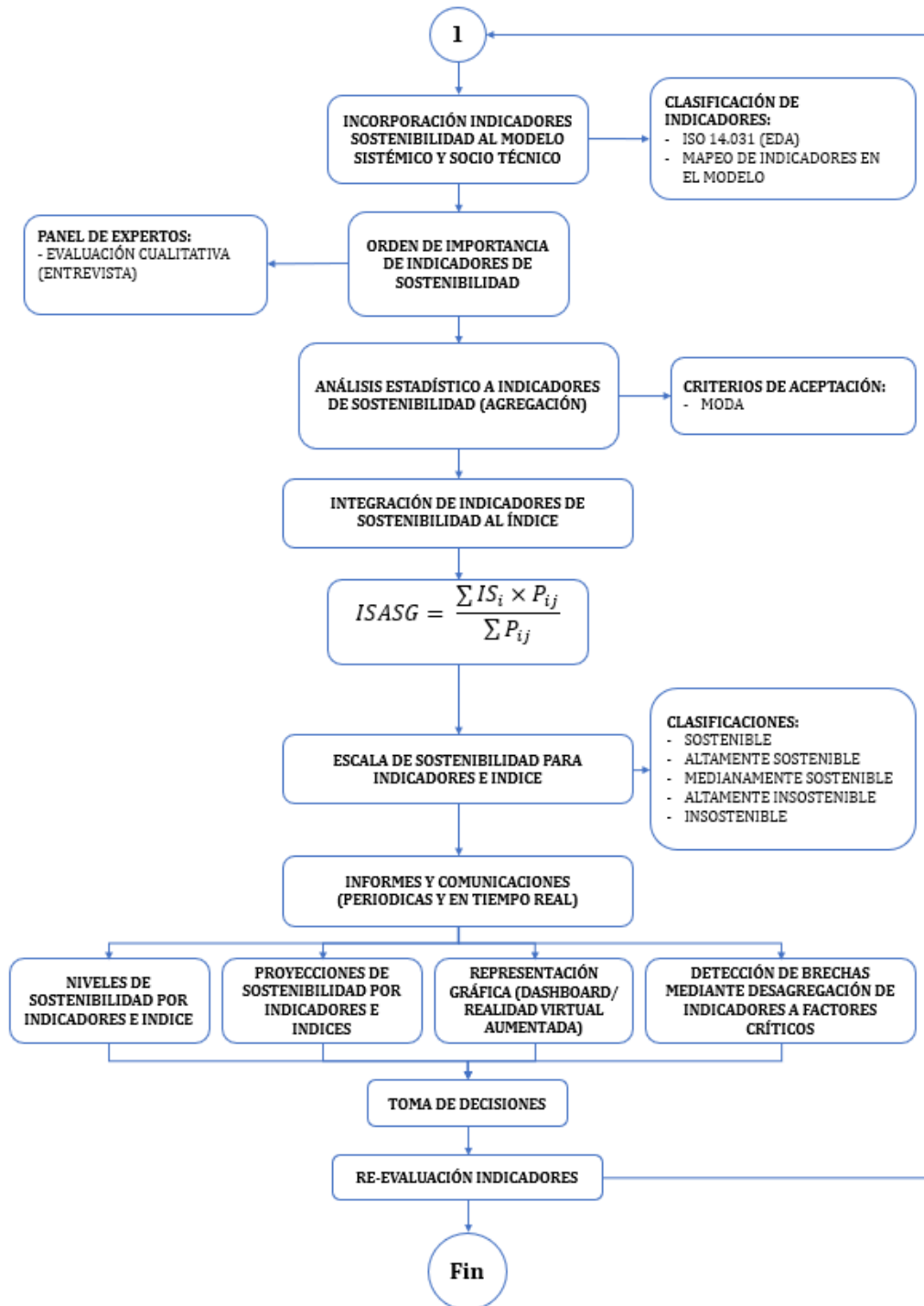


Figura 4-7: Algoritmo del modelo matemático de integración que expresa la operativización de la herramienta de gestión de sostenibilidad (fuente: Elaboración propia).

5 Discusión

5.1 Revisión del estado del arte

Es preciso diferenciar los conceptos de desarrollo sostenible y desarrollo sustentable, si bien es un debate etimológico que aún no se ha resuelto, quizás la definición más aproximada en el escenario de la problemática planteada es que el concepto de “sostenible” está relacionado con la sostenibilidad fuerte, postulado basado en que el sistema socioeconómico es dependiente del ecosistema y no puede funcionar independientemente de éste (Daly, 1997), mientras que el de “sustentable” se refiere a la sostenibilidad débil, postulado basado en que el capital de origen humano puede ser un sustituto del capital natural y los servicios proveídos por los sistemas ecológicos, enfoque más económico (Pearce et al., 1990; Pearce y Atkinson, 1993). Según estas apreciaciones los dos términos deben utilizarse de manera diferenciada y aplicarse a cada caso específico, de manera que algo “sustentable” en lo económico, como una ciudad, no necesariamente sería “sostenible” en lo ambiental (Leal, 2008). Por ende, se puede deducir que, al momento de hablar de sostenibilidad, nos referimos al desarrollo económico, social y ambiental de una organización, empresas mineras en este caso, cuyo desarrollo socioeconómico tiene estrecha dependencia con la explotación de recursos naturales, y que, al momento de hablar de sustentabilidad, nos referimos al efecto que produciría la actividad minera en el desarrollo socioeconómico a nivel global. Existiendo consenso de ambos conceptos sobre la coexistencia de tres dimensiones, que en conjunto garanticen la sustentabilidad de una determinada sociedad (Pino, 2004).

En consecuencia y desde un enfoque de las dimensiones del desarrollo sostenible, las relaciones establecidas entre los diversos componentes de estas tres dimensiones (social, económico y ambiental), conllevan un alto nivel de complejidad que debe ser entendido en términos de sistema, en tanto conjunto de elementos en interacción. Un sistema cerrado está determinado por un conjunto de elementos

íntimamente relacionados entre sí, que mantienen al sistema unido y cuyo comportamiento global persigue un fin específico, complementado con un sistema abierto, el cual establece un flujo de relaciones con el ambiente, mediante corrientes de entrada y salida, es decir se concentra en procesos de frontera (Bertalanffy, 1976; Leal, 2008).

Desde el punto de vista de los indicadores e índices relacionados al sector minero, entendiéndose por índice al conjunto de indicadores de dimensiones de un factor, las problemáticas ambientales atribuidas a dicho sector productivo, y el planteamiento de metodologías que carecen de una integración de factores e indicadores en un índice. El diseño de indicadores de sostenibilidad es pertinente, a fines de dimensionar la magnitud de dichas percepciones negativas, así como los beneficios sociales que las empresas pueden generar en la comunidad. En vista que, en el ámbito internacional, para los organismos dedicados a la protección del medio ambiente y salud humana, este sector continúa siendo foco de su atención al momento de definir nuevas regulaciones ambientales, las que, sin duda, producen impactos significativos en el comercio de países como Chile, cuyo crecimiento económico está basado principalmente en la explotación del cobre y sus derivados (MMSD, 2001; Álvarez, 2002).

5.2 Caracterización de factores asociados a los indicadores de sostenibilidad

En cuanto a los criterios para identificar y seleccionar factores, éstos apuntan a establecer en cierto modo una línea base cuantitativa constantemente actualizada de factores e indicadores de sostenibilidad, extraído de los reportes de sostenibilidad anuales, como es el caso de los GRI, los estándares internacionales, el DJSI en Chile y las fuentes de información de los servicios públicos, plataformas que en pocas ocasiones muestran el comportamiento de la información de manera periódica o en tiempo real, haciendo difícil interpretar a simple vista los factores críticos al momento de establecer un índice bajo dimensiones de desarrollo sostenible,

escenario que motivó el desarrollo de una evaluación cualitativa a través de un panel de expertos.

El análisis de frecuencias y la ponderación, aplicada a la información obtenida de las entrevistas al panel de expertos, permitió eliminar dichos factores que, si bien cumplían con los criterios de selección, no eran de gran relevancia al momento de establecer un indicador de sostenibilidad. Llegando a filtrar 51 factores de un total de 161, de los cuales existe una orientación del 25% en el ISSA y 25% el ISEA como temas de preocupación en materias de sostenibilidad, lo que refleja asegurar la obtención de mayores beneficios y minimizar los costos sociales y ambientales de los procesos extractivos estableciendo los costos máximos socialmente permitidos de la producción minera (ONU, 2023).

Sin embargo, este escenario que se puede dar en métodos de ponderación, mediante opinión de expertos, que luego normaliza los datos que ingresan al ISSA y el ISEA mediante la agregación de éstos (Nardo et al., 2005; Munda, 2004; Van Haaster et al., 2017). Proceso que puede tender a errores no representativos de una o más dimensiones o zonas de interacción de sostenibilidad, en donde es clave la definición de metodologías de análisis semicuantitativo para la ponderación de factores.

Respeto de los indicadores relacionados con la ODS, la integración y la presentación de informes de los ODS todavía no son la regla, aunque se observan buenas prácticas en algunas empresas, representados por los factores identificados. Por lo demás, es preciso destacar que estas empresas están haciendo esfuerzos considerables para reflexionar acerca de cómo se conectan sus negocios con los ODS y cómo pueden dar seguimiento e informar sobre sus contribuciones al logro de los Objetivos mundiales (RMF, 2020).

En cuanto a los catorce (14) mayores riesgos de la gran minería del cobre en Chile, se evidencia que existe una tendencia en materias de temas socio ambientales y económico ambientales, que evidencia la importancia de una rentabilidad social sustentada en bienes capitales y recurso naturales finitos.

5.3 Establecimiento del modelo sistémico y socio técnico conceptual

Aplicados los enfoques teóricos de la TGS, las definiciones de sistemas socio técnico complejos y las normativas internacionales ISO 9.001 e ISO 14.031, se llegó a establecer un modelo sistémico que representa a las empresas mineras de manera global y bajo enfoques de procesos, para así identificar a priori la interrelación e interdependencia de cada uno de sus elementos. Requisito necesario para saber dónde incorporar los indicadores de sostenibilidad, como posibles controles y puntos de control para hacer seguimiento del desempeño y medirlo (ISO, 2015; ISO 2005).

Sin embargo, debemos tener en cuenta que dichos puntos de control ya venían en cierto modo predefinidos, en vista que los indicadores de sostenibilidad están compuestos de factores críticos, seleccionados mediante criterios ya estandarizados que aplicó el panel de expertos. Escenario que propone la identificación de puntos de control desde micro niveles a macro niveles o viceversa, al objeto de poner sobre la mesa el debate sobre micro interpretaciones de sostenibilidad (desde las personas a subsistemas de grupos de personas), y macro interpretaciones de sostenibilidad para el sistema global (la organización) (Trist, 1981; Specht, M. et al., 2006). Lo cual es consecuente con el mapeo de indicadores de sostenibilidad, que permitió incorporar en el modelo treinta y tres (33) IDAs, compuesto de diez (10) IDOs y veintitrés (23) IDGs, desagregados en sus respectivos factores críticos, y para el caso de los ICAs, incorporando dieciocho (18) de éstos desagregados por el mismo número de factores críticos. Resultados que en el escenario de disponer de una línea base de factores más amplia (metadatos), demostraría un alza de indicadores

incorporados al modelo. Situación que esclarecería las macro y micro interpretaciones, pero a su vez aumentaría en ruido de fondo al momento de querer saber dónde poner mayor atención.

Ante dicho escenario se propone la aplicación de tratamientos estadísticos previo al mapeo, tales como los ACP (Análisis de Componentes Principales), a objeto de reducir la dimensionalidad del conjunto de datos, convirtiendo un amplio espectro de factores observados posiblemente correlacionados, en un conjunto de valores de factores sin correlación lineal (componentes principales), conservando los factores que dan cuenta de la mayor proporción de la varianza e ignorando los menos informativos (Dunteman, 1989; Coster, 1998; Smith, 2002).

Respecto de representación conceptual del modelo ajustado con la teoría de la dona propuesto por la economista Kate Raworth (Raworth, 2017), los temas materiales (factores críticos), indicadores de sostenibilidad, índice y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), se debe tener en cuenta sus relaciones con las leyes de la termodinámica, lo que es fundamental para comprender los límites físicos y energéticos dentro de los cuales la sostenibilidad debe operar conforme a las siguientes relaciones clave:

- Primera ley de la termodinámica (Conservación de la energía): Esta ley establece que la energía no puede ser creada ni destruida, solo transformada de una forma a otra. En el contexto de la sostenibilidad, implica que la energía utilizada por las actividades humanas proviene de fuentes finitas (como combustibles fósiles) o fuentes renovables (como la energía solar o eólica). La sostenibilidad requiere una gestión responsable de estas fuentes para garantizar su disponibilidad para las generaciones futuras.
- Segunda ley de la termodinámica (Entropía y degradación de la energía): Esta ley establece que en cualquier proceso, la entropía (el grado de desorden o la pérdida de utilidad de la energía) siempre aumenta. En términos prácticos,

implica que cualquier actividad humana genera residuos o desechos, y estos residuos pueden causar impactos ambientales si no se gestionan adecuadamente. La sostenibilidad busca minimizar esta degradación ambiental y maximizar la eficiencia en el uso de recursos para reducir la generación de residuos (Mackay, 2019).

5.4 Diseñar y operativizar un índice de sostenibilidad para empresas de la gran minería en Chile.

Posterior al mapeo de indicadores en el modelo, se diseñó el ISASG, previa realización de una evaluación cualitativa mediante un panel de expertos (entrevista), que determinó el orden de importancia de cada indicador, cuyo resultado en orden descendente fue siete para el ISSEA, seis para el ISA, cinco para el ISS, cuatro para el ISSE, tres para el ISSA, dos para el ISEA y uno para el ISE, resultado que expresaría un enfoque de sostenibilidad fuerte para este sector productivo, teniendo en cuenta el postulado basado en que el sistema socioeconómico es dependiente del ecosistema y no puede funcionar independientemente de éstos (valor de importancia siete para el ISSEA). Para luego integrar cada uno de éstos mediante el método de agregación de aditivos, que resume los valores normalizados de los indicadores para formar el índice, siendo la media ponderada la más utilizada hoy en día.

La característica de continuidad de la media ponderada, implica que el límite del índice de sostenibilidad puede ser definido con precisión, si el error relativo de un conjunto de indicadores ya es conocido, propiedad que se puede utilizar para realizar análisis de sensibilidad y cuantificación de la incertidumbre, los cuáles son elementos importantes en la evaluación de sostenibilidad (Pollesch y Dale, 2015), análisis que no pueden ser realizados al aplicar un métodos de agregación geométricos (Calvo et al., 2002; Beliakov et al., 2007).

Expresado el índice, se propuso la escala de sostenibilidad para calificar el índice de manera integrada y desagregada por cada indicador de sostenibilidad, escala que forma parte de la herramienta de gestión de sostenibilidad basada en el modelo matemático desarrollado para establecer el ISASG.

El ISASG tiene la capacidad de definirse y adaptarse conforme al planteamiento de políticas, visiones y objetivos de sostenibilidad de cualquier empresa minera de la gran minería del cobre en Chile, rescatando la singularidad de cada una de éstas mediante la recopilación de información histórica, pública, benchmarking y evaluaciones cualitativas y cuantitativas periódicas y en tiempo real. En el escenario que la empresa no maneje base de datos histórica, como es el caso de nuevas empresas que se incorporan al sector productivo, se integra al índice la información disponible en plataformas públicas, y reportes de sostenibilidad de empresas con la misma tasa de producción, recopilación de datos tipo benchmarking. Condición que puede conducir a errores interpretativos al momento de realizar las evaluaciones de sostenibilidad. Por lo mismo, al momento de obtener el primer listado de factores de sostenibilidad, juega un papel importante la selección de información mediante los criterios de selección planteados.

La herramienta puede manejar gran cantidad de información, recopilando desde microdatos a metadatos, en donde dependiendo del tamaño del espectro de factores, es preciso aplicar la metodología correcta de ponderación y agregación para identificar los factores críticos asociados a cada indicador de sostenibilidad. A su vez, la herramienta permite una movilidad sistémica en la organización y en sus subsistemas desde el punto de vista socio técnico, logrando identificar puntos de control bajo enfoques de procesos y EDA, para así establecer el nivel de sostenibilidad con macro y micro interpretaciones, ya sea desde el índice hasta sus indicadores y la desagregación de cada uno de éstos para la detección de brechas.

Información que es comunicada en tiempo real en cada uno de los niveles de la organización.

El algoritmo simple, que describe el funcionamiento e instrucciones para solucionar problemas de sostenibilidad mediante la aplicación de la herramienta, es posible programarlo para elaborar softwares y aplicaciones para ordenadores y dispositivos móviles, con la capacidad de recopilar y administrar información en terreno con y sin conexión a internet de manera inalámbrica en tiempo real, entregando a los niveles organizacionales que toman decisiones, proyecciones, representaciones gráficas, detección de brechas con sugerencia de soluciones en plataformas clasificadas tipo dashboard (Khan y Abbasi, 1999; Brown, 2006; Chen et al., 2010;).

Desde el punto de vista de la aplicación de la herramienta, lo cual no forma parte de los objetivos del presente trabajo, sus fortalezas y debilidades descritas anteriormente, es preciso calibrar y validar el modelo matemático planteado. Los cuales son procesos fundamentales a seguir para una adecuada utilización de ésta. Con la calibración se requiere ajustar un conjunto de parámetros de entrada al modelo, de tal forma que los resultados se ajusten a las mediciones o a los datos experimentales, requiriéndose una verificación cuantitativa del ajuste. Con la validación, se busca cuantificar la confiabilidad con la que un modelo es capaz de predecir una determinada situación o proceso (Trucano et al., 2006).

6 Conclusión

El índice integra todas las dimensiones y zonas de intersección del desarrollo sostenible, alineándose con las metodologías que plantea el Observatorio de Sostenibilidad de Chile, basadas en los 17 ODS, que sitúan al país en un contexto comparativo a la OCDE, el Informe de Sostenibilidad Chile 2016, y normativas e iniciativas de carácter internacional y Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Al momento de seleccionar los factores asociados a los indicadores de sostenibilidad, es preciso disponer de una línea base actualizada de factores e indicadores, establecer criterios de selección ampliamente conocidos por el panel de expertos, seleccionar y aplicar las metodologías de ponderación y agregación adecuadas al momento de integrar los factores en cada indicador de sostenibilidad.

Mediante el modelo sistémico conceptual, la herramienta tiene la capacidad de ajustarse a las definiciones que las organizaciones determinan necesarias para el desarrollo de sus operaciones, identificando los niveles de los sistemas socio técnicos desde el enfoque del individuo y subsistemas de grupos de trabajo, la organización como un todo, sus procesos y estructuras, y un enfoque a nivel de sistemas en comunidades y sectores industriales, lo que permite comprender una organización desde sus procesos y controlar las interrelaciones e interdependencias de éstos, promoviendo el desempeño ambiental de ésta bajo el enfoque de sostenibilidad. El cual proyectado en un concepto de la teoría de la dona y las leyes de la termodinámica, permite comprender que estas leyes termodinámicas ayudan a la sostenibilidad al recordarnos que la energía y los recursos son limitados y que su uso tiene consecuencias tanto en términos de agotamiento como de impactos ambientales. La sostenibilidad busca operar dentro de estos límites, maximizando la eficiencia y minimizando el impacto ambiental para asegurar el bienestar a largo plazo tanto de las personas como del planeta.

En cuanto al análisis de datos, los modelos matemáticos propuestos para la ponderación y agregación de información, que constituyen los indicadores de sostenibilidad y el ISASG, fueron los adecuados, en el sentido que un planteamiento matemático de media ponderada o agregación aditiva para diseñar un índice de sostenibilidad, permite que cada una de las dimensiones de la sostenibilidad, representada por cada indicador (ISA, ISS, ISE, ISSA, ISEA, ISSE, ISSEA), se integre de manera independiente, lo que permitiría realizar análisis de sensibilidad, cuantificación de la incertidumbre y desagregación desde el índice a indicadores, y de indicadores a factores críticos, identificando las brechas sobre las cuáles es preciso tomar decisiones para moverse de manera ascendente en la escala de sostenibilidad propuesta.

La herramienta tiene la capacidad de sistematizar la información de una empresa bajo criterios de selección predefinidos y aceptados por el sector minero, y dimensiones del desarrollo sostenible, integrando información histórica, evaluaciones cualitativas y cuantitativas periódicas y en tiempo real, así como la información tipo benchmarking de empresas con la misma escala productiva, y la disponible en plataformas públicas, permitiendo reducir las limitaciones de su aplicabilidad al momento de no contar con información histórica. En vista que hoy en día, los procesos de verificaciones externas de la información, del desempeño sostenible de las compañías ha avanzado, es importante dicho aporte, considerando que la potencia de la herramienta propuesta radica en la fiabilidad de la fuente de información.

Para la toma de decisiones, la flexibilidad de la herramienta permite, que, a través de una clasificación de indicadores de EDA, se puedan incorporar los indicadores de sostenibilidad al modelo sistémico conceptual, como posibles puntos de control, identificando mediante un mapeo los puntos de control a los que se deben hacer seguimiento del desempeño y medirlo.

Finalmente, la herramienta de gestión de sostenibilidad confirma que el índice y los indicadores de sostenibilidad revelan sin dudas, una importante información del

estado del desempeño ambiental de una organización, y describe mediante un algoritmo simple las instrucciones para realizar evaluaciones de sostenibilidad. Algoritmo que previo a una calibración y validación del modelo, es posible programarlo para elaborar softwares y aplicaciones para ordenadores y dispositivos móviles, con la capacidad de recopilar y administrar información en terreno con y sin conexión a internet de manera inalámbrica en tiempo real, entregando a los niveles organizacionales que toman decisiones, proyecciones de los niveles de sostenibilidad, representaciones gráficas, detección de brechas con sugerencia de soluciones en plataformas clasificadas tipo dashboard, y comparaciones tipo benchmarking entre actividades de la misma empresa y otras de la misma escala productiva.

7 Bibliografía

- AENOR, 2008. Norma UNE 22470. Indicadores de gestión minera sostenible.
- Álvarez, V. 2002. Hacia indicadores de desarrollo sustentable para el sector minero (1° Etapa). Comisión Chilena del Cobre Unidad de Asuntos Internacionales y Medio Ambiente (UAIMA), Chile. 16 pp.
- Álvarez, V. 2002. Hacia Indicadores de Desarrollo Sustentable para el Sector Minero (1° Etapa), Comisión Chilena del Cobre – Unidad de Asuntos Internacionales y Medio Ambiente (UAIMA), Santiago, Chile.
- Anand, S., y Sen, A. (2000). Human Development and Economic Sustainability. *World Development*, 28 (12), 2029-2049.
- Anglo American Chile, 2022. Reporte de Sustentabilidad. Recuperado de: <https://chile.angloamerican.com/sustentabilidad/reportes.aspx>.
- Asamblea General Naciones Unidas, 2015. Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015. Nueva York.
- Antofagasta Mineral, 2022. Reporte de Sustentabilidad. Recuperado de: <https://www.aminerals.cl/reporte-de-sustentabilidad>
- Azapagic, A, 2000. Indicators of sustainable development for the minerals extraction industry: Environmental considerations. En *Technological challenges posed by sustainable development: the mineral extraction industries*. Madrid: CYTED/IMAAC/UNIDO, 1998. p. 202-217.
- Barrick, 2022. Reporte de Sustentabilidad. Recuperado de: <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/plataforma-de-reportes-de-sustentabilidad/>
- Bastante, M.J., 2006. Propuesta metodológica para la cuantificación de la ecoeficiencia de los productos industriales a partir de la evaluación del valor funcional y de los impactos económico y ambiental. Tesis Doctoral. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia

- Beliakov, G., Pradera, A., Calvo, T., 2007. funciones de agregación: una guía para Los practicantes. Saltador.
- BHP, 2023. Annual Report, Bringing people and resources together to build a better world. Recuperado de: <https://www.bhp.com/es/sustainability>
- Bertalanffy, L. V., 1976. Teoría general de los sistemas. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica. Pp. 1-9, 30- 53, 54-56 y 204-207.
- Blanco, H. Wautiez F., Llaveró A., Rivero C., 2001. Indicadores regionales de desarrollo sustentable en Chile: ¿hasta qué punto son útiles y necesarios? EURE (Santiago) v.27 n.81 Santiago.
- Bogdan, R. y Biklen. S.K., 1992. Qualitative research for education: An introduction to theory and methods. (2a ed.). Boston: Allyn y Bacon
- Bolsa de Comercio de Santiago (BCS), 2015. Índice de Sostenibilidad en la Bolsa de Santiago. Santiago.
- Brown, I., 2006. Modelling future landscape change on coastal floodplains using a rule-based GIS. Environmental Modelling y Software. 21. 1479-1490.
- Calvo, T., Kolesárová, A., Komorníková, M., Mesiar, R., 2002. Los operadores de agregación: propiedades, clases y métodos de construcción. Los operadores de agregación. Springerpp. 3 - 104.
- CCE, 2001. Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece el Programa Comunitario de Acción en materia de Medio Ambiente para el 2001-2010. Comisión de las Comunidades Europeas, 24.1.2001. COM (2001) 31 Final. 2001/0029 (COD). Bruselas. 120 p.
- CEPAL, 2001. Informe del Seminario Indicadores de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe. Available at: http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/eclac2001sp_indicators
- Chile Agenda 2030, 2023. Informe Nacional Voluntario 2023, Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.chileagenda2030.gob.cl/>

- Cerin, P. y Dobers, P., 2001. What does the performance of the Dow Jones Sustainability Group Index tell us? *Eco-Management and auditing*, 8, 123-133.
- Chen, Z., Zhao, L. y Lee, K., 2010. Environmental risk assessment of offshore produced water discharges using hybrid fuzzy-stochastic approach. *Environmental Modelling y Software*. 25. 782-792.
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), 2019. Indicadores de sustentabilidad en la minería del cobre en Chile. Recuperado de: <https://www.cochilco.cl/Presentaciones/PPT%20UC%20Sustentabilidad.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021. Indicadores de sostenibilidad en la minería metálica. Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46876-indicadores-sostenibilidad-la-mineria-metalica>
- Compañía Minera del pacífico S.A (CAP), 2022. Crecimiento sostenible, memoria integrada. Recuperado de: <https://www.cap.cl/sustentabilidad/reportes-de-sustentabilidad/>
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (Collahuasi), 2022. Reporte de sustentabilidad. Recuperado de: <https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2023/06/Collahuasi.-Informe-Sustentabilidad-2022.pdf>
- Conferencia Anual de Ministerios de Minería de las América (CAMMA), 2002. Informe del CAMMA en la cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. Johannesburgo. 100 p.
- Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2015. Aprobación del Acuerdo de París. París.
- Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), 2022. Memoria Integrada. Recuperado de: <https://www.codelco.com/reportes-de-sustentabilidad>

- Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), 2023. Informe de avance anual. Recuperado de: <https://www.codelco.com/operaciones/informe-de-avance-2023>
- Daly, H., 1997. Beyond Growth. The Economics of Sustainable Development. Beacon Press, Boston.
- De la Mora, M. E., 2002. Metodología de la Investigación, quinta edición. México. Editorial ECAFSA Thomson Learning.
- DeCoster, J., 1998. Descripción general de análisis factorial. (Consultado el 22 de diciembre de 2015). <http://www.stat-help.com/factor.pdf>.
- Dunteman, G.H., 1989. Análisis de Componentes Principales. Sabio.
- Dym, C., 1994. Engineering Design: A Synthesis of Views, Cambridge University Press, New York.
- Dym, C. y Ivey, E. S., 1980. Principles of Mathematical Modeling, 1st Edition, Academic Press, New York.
- Egeyemeir, V., 2016. Guía de Sustentabilidad para la Industria Minera en Chile. Recuperado de: <http://www.guiadesustentabilidad.cl/>
- Empresa Nacional de Minería (ENAMI), 2022. Memoria anual. Recuperado de: <https://www.enami.cl/EnamiTransparente/Documents/Memoria%20Enami%202022%20-%20VF%20junioed.pdf>
- Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), 2022. Reporte integrado. Recuperado de: <https://www.enap.cl/files/get/1065>
- European Environment Agency (EEA), 2000. Informe para mejorar el ambiente en Europa. Barcelona, lugar de encuentro de las dimensiones medioambientales, económica y social. Copenhague. 90 p.
- Explotación Minera Amistosa con el Medio Ambiente (EMAMA), 2011. Recuperado de: www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20110218/pags/20110218093713.html.

- EY Global Mining & Metals, 2023. Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2024. Recuperado de: https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/risks-opportunities
- Fernández, L. F., 2005. Indicadores de Sostenibilidad y Medio Ambiente: Métodos y Escala. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 240 p.
- Kast, E. y Rosenzweig, E., 1988. Administración en las Organizaciones. Enfoque de Sistemas y de Contingencias. McGraw Hill Interamericana de México.
- Freeport – McMoran Copper & Gold (Freeport), 2022. Informe anual de sostenibilidad. Recuperado de: https://www.elabra.cl/sdm_downloads/informe-anual-de-sostenibilidad-2022
- Fullana, P. y Puig, R., 1997. Análisis del ciclo de vida. Barcelona: Rubes Editorial
- Gan, X., Fernández, I., Gou, J., Wilson, M., Zhao, Y., Zhou, B., y Wu, J., 2017. When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators* 81 (2017) 491 – 502.
- Geels, F., 2004. General introduction; system innovation and transitions to sustainability. En B. Elzen, *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*. (págs. 1-18). Cheltenham, UK, Northampton.
- Gibson, C.C., Ostrom, E., y Ahn, T.K., 2000. The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. *Ecological Economics*, 32, 217-239.
- Glencore, 2022. Report de sostenibilidad, Compañía Lomas Bayas. Recuperado de: <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/plataforma-de-reportes-de-sustentabilidad/>
- Gold Fields, 2022. Memoria Anual. Recuperado de: <https://www.goldfields.cl/wp-content/uploads/2023/06/GF-Memoria-2022.pdf>

- González, A. y Carvajal, D., 2002. Sustainability Indicators in the Spanish Extractive Industry. En Indicators of Sustainability for the mineral extraction industry. Rio de Janeiro: CNPq/CYTED. p. 409-431
- GRI, 2006. Guía para la elaboración de Memorias de Sostenibilidad, Global Reporting Initiative. Recuperado de: www.globalreporting.org.
- GRI, 2014. Guía para la Elaboración de Memorias de Sostenibilidad. Global Reporting Initiative. Recuperado de: www.globalreporting.org.
- Hammond, S. P., 1995. Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development. Washington: World Resources Institute (WRI). 56 p.
- Hincapie, J., Correa, C., 2014. Encuesta y Entrevista Estructurada. Recuperado de: https://prezi.com/mn8vd8_za9b/encuesta-y-entrevista-estructurada/
- International Institute for the Development and Environmental (IIED), 1998. National Sustainable Development Strategies Experience and Dilemmas, Environmental Planning Issues. NO 6, October. 1994. En Mineral development. A prospectus. Bath: University of Bath. p. 1-5.
- ISO, 2015. ISO 9001: 2015 Quality Management Systems – Requirements. 47 pp.
- ISO, 2005. ISO 14031: 2005 Environmental management – Environmental performance evaluation - Guidelines
- ISO, 2006. ISO/TS 21929-1:2006 Sustainability in building construction – Sustainability indicators -- Part 1: Framework for development of indicators for buildings.
- Keeping, E.S., 2007. Mathematics of Statistics Part. 2. University of Michigan, Michigan
- Kerlinger, F. 1983. Investigación del Comportamiento. Técnicas y Metodología, 2ª. ed., Ed. Interamericana, México.

- Khan, F. Abbasi, S. 1999. MAXCRED – a new software package for rapid assessment in chemical process industries. *Environmental Modelling y Software*. 14. 11-15. (b).
- Kinross, 2022. Sustainability and ESG Report. Recuperado de: <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/plataforma-de-reportes-de-sustentabilidad/>
- Klöpfer, W., 2002. Life-cycle based methods for sustainable product development. En *Lifecycle Approaches to Sustainable Consumption Workshop Proceedings*. Laxenburg (Austria): International Institute for Applied Systems Analysis.
- Krol, C., y Anan, K., 2016. Primer Informe Sostenibilidad de Chile y sus Regiones, 2015. Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, Departamento de Administración, Observatorio de Sostenibilidad, Santiago, Chile. 121 pp.
- Leal, G., 2008. Debate sobre la sostenibilidad. Desarrollo conceptual y metodológico de una propuesta de Desarrollo Urbano Sostenible. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, p. 3.
- MacKay, D. J. C. (2009). *Sustainable Energy - Without the Hot Air*. UIT Cambridge Ltd.
- McLellan, B. et al., 2009. Incorporating sustainable development in the design of mineral processing operations -Review and analysis of current approaches. *Journal of Cleaner Production*, 17(16), 1414-1425. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VFX-4WHFD48-2/2/33b90fa5c76c7201e35c38acf536ef7a>
- McMahan, G., Evia, J., Pasco-Font, A. y Sánchez, J., 1999. An environmental study of artisanal, small, and medium mining in Bolivia, Chile, and Peru. World Bank technical paper; N° WTP 429. Washington, DC: The World Bank. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/985671468776071820/An->

environmental-study-of-artisanal-small-and-medium-mining-in-Bolivia-Chile-and-Peru

- Merni, J., 2001. Environmental y social performance indicators and sustainability markers MMSD. Proyecto Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable. Recuperado de: www.iied.org/mmsd.
- Ministerio de Desarrollo Social, 2018. Indicadores para el monitoreo y seguimiento de los ODS y la Agenda 2030 en Chile. Secretaría Técnica Consejo Nacional para implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible Agosto 2018. Recuperado de: https://www.chileagenda2030.gob.cl/storage/docs/180810_ODS_PPT_RED_Indicadores_.pdf
- MMSD, 2001. Proyecto Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable, Boletines Informativos N° 11 de marzo 2001, N° 13 de mayo 2001, N° 17 de octubre 2001 y N° 18 de noviembre 2001.
- MMSD, 2002. Breaking New Ground. The Report of the Mining, Minerals and Sustainable Development Project. Earthscan Publications.
- Munda, G., 2004. Evaluación Social multicriterio: fundamentos metodológicos y operational consecuencias. EUR. J. Oper. Res. 158 (3), 662 - 677.
- Naciones Unidas, 2015. Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2015 - Resumen Ejecutivo. Nueva York.
- Naciones Unidas, 2012. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible: El futuro que queremos. Río de Janeiro, Brasil.
- Naciones Unidas, 1992. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, Brasil.
- Naciones Unidas, 1972. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano: Declaración de Estocolmo. Estocolmo, Suecia.

- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., 2005. Herramientas para Indicadores Compuestos Edificio. Comisión Europea, EUR 21682 EN. Instituto para la Protección y Seguridad de los Ciudadanos, Ispra, Italia.
- Newmont, 2022. Sustainability report. Recuperado de: <https://www.newmont.com/sustainability/sustainability-reporting/>
- Norgate, T., 2001. A comparative Life Cycle Assessment of copper production processes. Recuperado de: www.intec.com.au.
- Norgate, T., Jahanshahi, S. y Rankin, W., 2007. Assessing the environmental impact of metal production processes. *Journal of Cleaner Production*, 15(8-9), 838-848. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article>.
- OIE, 2015. Declaración de Bahréin. Bahréin.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2023. Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023: Edición especial. Recuperado de: <https://chile.un.org/es/239318-informe-sobre-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-2023-edici%C3%B3n-especial>
- Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD), 1991. *Environmental Indicators: A Preliminary Set*. Paris: OECD. 65 p.
- Organización para la Cooperación Económica y del Desarrollo (OECD), 1994. *Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews*., Paris: OECD.
- Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD), 1999. *Environmental Monographs No. 83*. 100 p.
- Pearce, D., Barbier, E. y Markandya, A., 1990. *Sustainable Development. Economics and Environment in the Trird World*. Edward Elgar Publishing Ltd., London.
- Pearce, D. y Atkinson, G., 1993. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability, *Ecological Economics*, 8(2), pp. 103-108.
- Pino, M., 2004. *Leal de Castillo Gabriel Enrique Ecourbanismo, el nuevo paradigma*. ECOE Ediciones, Bogotá, Colombia.

- Pollesch, N., Dale, V., 2015. Aplicaciones de la teoría de agregación a la sostenibilidad evaluación. Ecol. Econ. 114, 117 – 127
- Quiroga, M., 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas Manual CEPAL, División del medio ambiente y asentamientos humanos, Santiago de Chile.
- Raworth, K. (2017). Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st-century economist. Chelsea Green Publishing.
- Responsible Mining Foundation (RMF), 2020. La Minería y los ODS, Actualización y la situación en 2020.
Recuperado de: <https://www.responsibleminingfoundation.org/es/>
- Responsible Mining Foundation (RMF), 2022. RMI Report. Recuperado de: <https://www.responsibleminingfoundation.org/es/>
- Rio Tinto, 2022. Annual Report. Recuperado de: <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/plataforma-de-reportes-de-sustentabilidad/>
- Rogers, P.P., Jalal, K.F. y Boyd, J.A., 2007. An Introduction to Sustainable Development illustrated edition., Earthscan Publications Ltd.
- Rueda, S., 1999. Modelos e indicadores para ciudades sostenibles. En taller sobre indicadores de huella y calidad ambiental urbana, Generalitat de Catalunya, Barcelona, España.
- SAM, 2002. Guide to the Dow Jones Sustainability World Indexes. Versión 4.0. Recuperado de: www.sustainabilityindexes.com/djsi_world/guidebook.html.
- Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 1995. Environmental Indicators. A Systematic Approach to Measuring and Reporting on the Environment in the Context of Sustainable Development. En: Gouzee, N., et al., Indicators of Sustainable Development for Decision-Making. Brussels: Federal Planning Office of Belgium. 205 p.

- Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 1996. Scientific Workshop on Indicators of Sustainable Development. Wuppertal, Germany, November 15-17, 1995. Report. S. Billharz y B. Moldan (eds). Prague: Charles University Environmental Center. 97 p.
- Sierra Gorda, 2022. Reporte de sustentabilidad. Recuperado de: <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/plataforma-de-reportes-de-sustentabilidad/>
- Smith, L. I., 2002. Un tutorial sobre el Análisis de Componentes Principales. Universidad de Cornell, EE.UU.
- Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (SQM), 2022. Reporte de sostenibilidad. Recuperado de: <https://www.sqm.com/sustentabilidad/reporte-de-sustentabilidad/>
- Spangenberg, J. H., 1996. Integración de criterios en el concepto de sostenibilidad. Espacios. Revista Centroamericana de Cultura Política.
- Specht, M. Chevreau, R. y Demis-Rémis, C., 2006. Dedicating management to Cultural Processes: Toward a Human Risk Management System. Journal of Risk Research. 9 (5). 525-542.
- Strange, T. y Bayley, A., 2008. Sustainable Development: Linking Economy, Society, Environment. OECD Publishing. Paris.
- Teck, 2022. Reporte de sustentabilidad. Recuperado de: <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/plataforma-de-reportes-de-sustentabilidad/>
- Trist, E.L., 1981. The Evolution of Socio-Technical Systems, Toronto: Ontario Quality of Work Life Center.
- Trucano, T., Swiler, L., Igusa, T., Oberkampf, W. y Pilch, M., 2006. Calibration, validation, and sensitivity analysis: What's what. Reliability Engineering and System Safety, 91, 1331-1357.
- UN-CSD, 1993. Integrated Environmental and Economic Accounting. Handbook of National Accounting, Interim Version. UNSD-Studies in Methods

(Series F, No.61). Edición en español: Contabilidad Ambiental y Económica Integrada, Versión provisional. New York: Naciones Unidas. 325 p.

- Vallejo, O. y Guardado, R., 2000. Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de Moa. *Minería y Geología* 17(3-4): 33-37.
- Van Haaster, B., Citroth, A., Fontes, J., Madera, R., Ramírez, A., 2017. Desarrollo de un marco metodológico para la evaluación del ciclo de la vida social de las nuevas tecnologías. En t. J. Ciclo de Vida de evaluar. 22 (3), 423 - 440.
- WCED, 1987. *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.
- Winograd, M., 1995. *Indicadores Ambientales para Latinoamérica y el Caribe: Hacia la Sustentabilidad en el uso de tierras*. San José, Costa Rica: Proyecto IICA/GTZ-OEA-WRI, IICA. 146 p.
- Winograd, M., 1997. Marco Conceptual para la definición y uso de indicadores ambientales y de Sustentabilidad para la toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe. En Fürst, E. (ed.). 55-60 p.
- World Bank (WB), 1995. *Monitoring Environmental Progress, A Report on Work in Progress*. Washington: The World Bank. 132 p.

8 Anexos

8.1 Entrevistas Factores Críticos

8.2 Entrevistas Indicadores de Sostenibilidad