



AGENDA DE INNOVACIÓN DE SONORA DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.3 AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN MINERÍA

Índice

1.	Introducción a las Áreas de Especialización seleccionadas por la Agenda	6
1.1	Introducción a criterios de priorización utilizados	6
1.2	Aplicación de criterios para la selección de Áreas de Especialización	7
1.3	Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda.	7
2.	Caracterización del área de especialización en el estado y en el contexto nacional	9
2.1	Breve descripción del Área de Especialización	9
2.2	Distribución del área de especialización en México	17
2.2.1	Contexto Internacional	17
2.2.2	Contexto Nacional	24
2.3	Posicionamiento del estado en el área de especialización	35
2.4	Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial	41
2.4.1	Tecnologías empleadas en las actividades de exploración.	43
2.4.2	Tecnologías empleadas en las actividades de extracción.	45
2.4.3	Tecnologías en torno a la sustentabilidad y seguridad.	48
3.	Breve descripción del ecosistema de innovación para el Área de Especialización	49
3.1	Mapa de los agentes del ecosistema de innovación	49
3.2	Principales IES y Centros de Investigación y sus principales líneas de investigación	50
3.2.1	Instituciones de Educación Superior	50
3.3	Detalle de empresas del área de especialización	52
3.4	Apoyos en el área de especialización	59
3.4.1	Entidades y programas gubernamentales que apoyan el área de especialización	59
3.4.2	El Programa de Desarrollo Minero 2013-2018	61
3.4.3	Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018	63
4.	Análisis FODA del área de especialización	66

4.1	Fortalezas	67
4.2	Oportunidades	67
4.3	Debilidades	68
4.4	Amenazas	68
5.	Marco estratégico y objetivos del área de especialización	69
6.	Nichos de Especialización	71
6.1	Metalmecánica y procesos	72
6.2	Sustentabilidad	73
6.3	Prospección y exploración de yacimientos	73
7.	Caracterización de proyectos estratégicos y plan de proyectos	74
7.1	Descripción de proyectos	74
7.1.1	Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería	74
7.1.2	Red de investigación sobre gestión del agua en la minería	79
7.2	Proyecto Complementario	82
7.3	Matriz de proyectos	84
8.	Referencias	85

Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación de Sonora.</i>	8
<i>Ilustración 2 Clasificación de los minerales.</i>	10
<i>Ilustración 3. Áreas que comprende el sector minero</i>	11
<i>Ilustración 4 Cadena de valor de la Minería</i>	12
<i>Ilustración 5. Número de compañías incluidas en la cadena de valor del sector minero, por nacionalidad.</i>	18
<i>Ilustración 6. Producción global de minerales (metros*tonelada)</i>	18
<i>Ilustración 7. Inversión en exploración, por país (2012).</i>	21
<i>Ilustración 8. Posición de México en el sector minero, a nivel internacional.</i>	25
<i>Ilustración 9. PIB minero ampliado* vs PIB nacional (2008- 2013).</i>	28
<i>Ilustración 10. Producción de metales preciosos en México (miles de toneladas).</i>	31
<i>Ilustración 11. Producción de minerales industriales no ferrosos en México (miles de toneladas).</i>	32
<i>Ilustración 12. Proyectos mineros con capital extranjero, por entidad federativa (2012).</i>	34
<i>Ilustración 13. Personal empleado en la industria minera en Sonora (miles de empleos directos, 2014)</i>	36
<i>Ilustración 14. Cotización anual del oro (usd/Onza).</i>	41
<i>Ilustración 15. Tendencias tecnológicas en las actividades de prospección y exploración minera.</i>	44
<i>Ilustración 16. Tendencias tecnológicas en las actividades de extracción de minerales.</i>	46
<i>Ilustración 17. Ecosistema de Innovación del área Minería en Sonora</i>	49
<i>Ilustración 18. Empresas mineras, por entidad federativa.</i>	52
<i>Ilustración 19. Regiones y distritos mineros del estado de Sonora.</i>	56
<i>Ilustración 20. Esquema de la metodología de trabajo para integrar la Agenda Sectorial.</i>	70
<i>Ilustración 21. Mapa de ruta para el Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería.</i>	79
<i>Ilustración 22. Mapa de ruta para Red de investigación sobre gestión del agua en la minería.</i>	82

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Principales empresas mineras a nivel global (2013)</i>	19
<i>Tabla 2. Principales fabricantes de maquinaria para la industria minera (2007).</i>	22
<i>Tabla 3. Ranking de los países para invertir en el sector minero</i>	26
<i>Tabla 4. Importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México en millones de dólares 2006-2011</i>	30

<i>Tabla 5. Proveedores líderes en las importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México 2008- 2011.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6. Entidades federativas en las que la minería es considerada un sector estratégico.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 7. PIB de Sonora (Valores a precios corrientes).</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8. Volumen de la producción minera de Sonora (Toneladas) 2008-2012.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9. Valor de la producción minera de Sonora 2008-2012 (Pesos corrientes).</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 10. Volumen y valor de la producción minera de Sonora (Ton, 2014)</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 11. Principales minas en explotación localizadas en Sonora.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 12. Evolución de las concesiones mineras en Sonora (2007-2013).</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 13. Instituciones de educación superior con carreras relevantes para la minería.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 14. Principales proyectos mineros con exploración avanzada 2012.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 15. Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Minero 2013-2018</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 16, Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 17. Líneas de trabajo del Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 18. Tecnologías relevantes para la gestión del agua en la minería</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 19. Matriz de proyectos</i>	<i>84</i>

1. INTRODUCCIÓN A LAS ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN SELECCIONADAS POR LA AGENDA

1.1 Introducción a criterios de priorización utilizados

La **Agenda Estatal de Innovación de Sonora** tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación, para ser desarrolladas en los próximos años. El documento se integra por las **Agendas Sectoriales de Innovación**, correspondientes a cada Área de Especialización (sector económico), definida para el estado, en función del desarrollo de capacidades que fomenten el mejoramiento de las condiciones económicas, políticas, educativas, sociales y ambientales de la población. A su vez, las **Agendas Sectoriales de Innovación** desarrollan las líneas de innovación para fortalecer cada Área de Especialización (sector económico) e impulsar los Nichos identificados, mediante la propuesta de proyectos específicos, apoyada en los recursos de la entidad.

La **Agenda Sectorial de Innovación en Minería de Sonora** tiene por objetivo identificar los ejes estratégicos de acción para detonar actividades de innovación; para ello se toma en cuenta la vocación del estado y las oportunidades de mercado que se vislumbran. Como resultado, se proponen tres *Nichos de Especialización* y proyectos específicos acordes con las fortalezas detectadas en materia de infraestructura, recurso humano, localización geográfica y capacidades tecnológicas para promover la innovación empresarial y la diversificación productiva con una perspectiva de mediano y largo plazo. El área de especialización en Minería fue seleccionada por líderes de opinión y representantes del sector empresarial, académico y gubernamental que integran el Grupo Consultivo del estado, quienes basados en criterios socioeconómicos, científico-tecnológicos y de mercado identificaron al sector minero como un área que potencializa

a sub-sectores económicos importantes para Sonora como son: metalmecánica y procesos; sustentabilidad y prospección y exploración de yacimientos.

1.2 Aplicación de criterios para la selección de Áreas de Especialización

El punto de partida fue el reconocimiento de problemas y oportunidades para el desarrollo competitivo del estado para, en función de éstos, priorizar la generación y aplicación de conocimiento en plataformas tecnológicas dentro de áreas de especialización que pudieran impactar la solución de problemas críticos del área, así como en el aprovechamiento de las oportunidades percibidas y jerarquizadas por los actores del ecosistema de innovación.

Para la selección de Áreas de Especialización se usó un modelo de priorización basado en indicadores económicos, sociales, de oportunidad de mercado y de desarrollo tecnológico (capacidades físicas y humanas, así como la experiencia y vocación del estado). En las ocasiones en las que la valoración era eminentemente cualitativa, la decisión se tomó mediante un análisis específico del Comité de Gestión en función de la pertinencia para el estado y dicha decisión fue validada por el Grupo Consultivo.

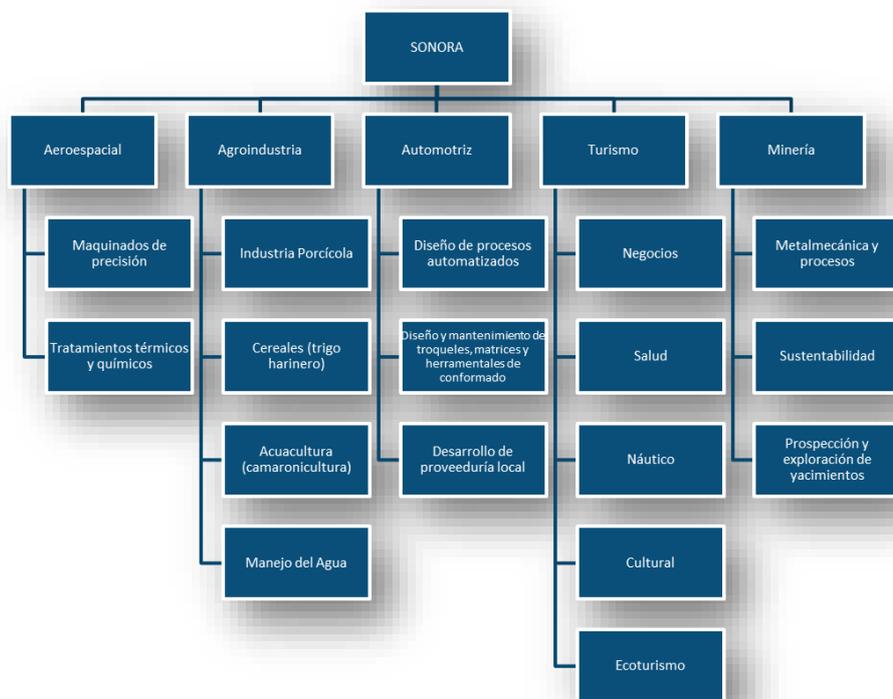
1.3 Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda.

A través de la Agenda Estatal de Innovación, con cada uno de los sectores se busca hacer recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que ayuden a cerrar las brechas de desventajas en cada uno de los sectores. Así como promover un crecimiento inteligente, basado en el conocimiento y la innovación, un crecimiento sustentable, promoviendo una economía verde, eficiente y competitiva y

un crecimiento incluyente, fomentando un alto nivel de empleo y logrando una cohesión económica, social y territorial.

Las áreas y nichos de especialización seleccionados por el Comité de Gestión y el Grupo Consultivo del estado de Sonora para el desarrollo de la Agenda Estatal de Innovación se muestran en la Ilustración 1.

Ilustración 1. Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación de Sonora.



Fuente: CambioTec, 2014

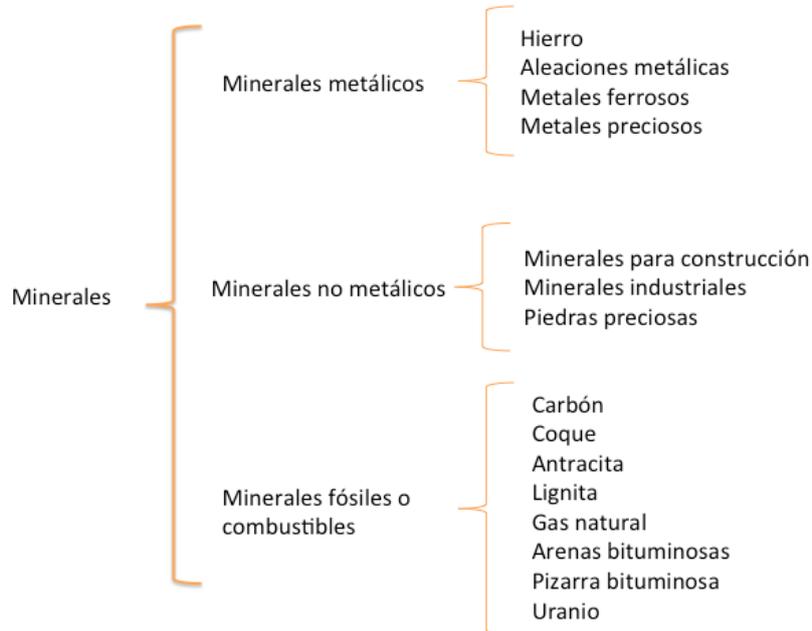
2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN EL ESTADO Y EN EL CONTEXTO NACIONAL

2.1 Breve descripción del Área de Especialización

La minería es la extracción selectiva de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre de los cuales se puede obtener un beneficio económico, así como la actividad económica primaria relacionada con ella. Existe una amplia variedad de minerales que pueden encontrarse en estado sólido, líquido y gaseoso y, dependiendo del tipo de material a extraer, la minería se divide en metálica, no metálica y rocas de carácter ornamental (piedras preciosas) y de construcción (tales como minerales utilizados en la elaboración de cemento).

De acuerdo con el INEGI, la minería comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la extracción de petróleo y gas, y de minerales metálicos y no metálicos; incluye la explotación de canteras, explotación de pozos y operaciones de beneficio, entre otras. Incluye también los servicios de apoyo relacionados directamente con esta actividad (INEGI, 2014). Dentro de los minerales metálicos con importancia económica se encuentran: **el hierro**; **las aleaciones metálicas** (el cromo, cobalto, manganeso, molibdeno, níquel, tantalio, titanio, tungsteno y vanadio); **los metales ferrosos** (aluminio, arsénico, bauxita, bismuto, cadmio, cobre, galio, germanio, plomo, litio, mercurio, tierras raras, estaño y zinc) y **los metales preciosos** (oro, paladio, platino, rodio y plata) (Ilustración 2).

Ilustración 2 Clasificación de los minerales.

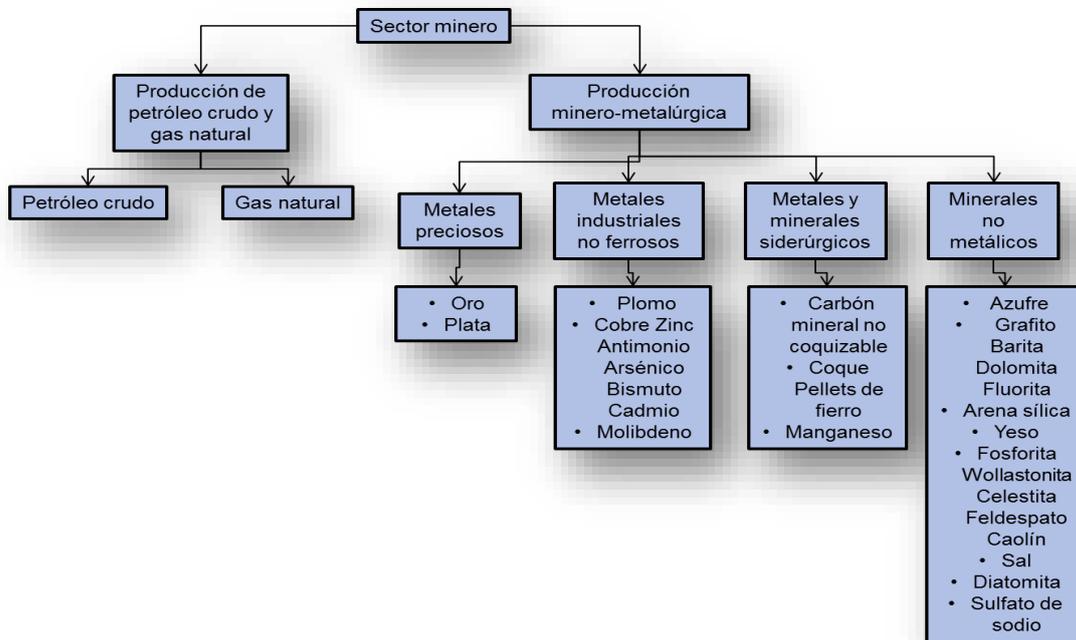


Fuente: CambioTec, 2014 con datos de (INEGI, 2014)

En la categoría de los **minerales no metálicos** se encuentran aquellos empleados en la **construcción** (asbestos, barita, boro, diatomita, feldespato, grafito, yeso, magnesita, perlita, fosfatos, potasa, sal, sulfuro, talco, vermiculita y zirconia); los minerales **industriales** (caolín, bentonita, potasio) y, las **piedras preciosas** (diamante, zafiro y rubí). Finalmente, entre los minerales combustibles o fósiles se encuentran: el carbón, coque, antracita, lignita, petróleo, gas natural, las arenas bituminosas, pizarra bituminosa y uranio. Los minerales fósiles representan el 86.5% de la producción total de minerales a nivel global.

Por otro lado la minería está compuesta por dos subsectores que son: **extracción de petróleo y gas** y **minería de minerales metálicos y no metálicos**, excepto petróleo y gas y servicios relacionados (ver ilustración 3).

Ilustración 3. Áreas que comprende el sector minero



Fuente: CambioTec, 2014 con base en (INEGI, 2014)

Parte fundamental de la valía de los minerales se asocia a su maleabilidad para convertirlos en productos de mayor valor. En este sentido, la transformación de los minerales presenta cinco macroprocesos asociados al núcleo operacional: exploración, desarrollo, extracción, procesamiento y comercialización.

La cadena productiva del sector minero involucra a todos aquellos actores cuyos procesos de producción utilizan, de manera directa o indirecta, insumos de origen mineral, así como la comercialización y distribución de los productos terminados (Secretaría de Economía, 2011).

Por su parte, la cadena de valor del sector minero (Ilustración 4) involucra también a todos aquellos actores del ecosistema de innovación y el tejido productivo que hace posible el abastecimiento de insumos, equipamiento, maquinaria y aquellos servicios de logística, de determinación de impacto y recuperación ambiental, servicios médicos, servicios de alimentación, bienes y servicios periféricos. Cabe resaltar que la eficiencia y productividad de cualquier mina depende, en gran medida, de la eficiencia, flexibilidad

y capacidades de sus proveedores. Resulta importante destacar que el tipo de mineral y sus aplicaciones constituyen factores determinantes en las peculiaridades que adopta cada fase de la cadena.

Ilustración 4 Cadena de valor de la Minería¹



Fuente: CambioTec, 2014

La etapa de exploración consiste en la identificación de las zonas que podrían presentar un yacimiento mineral² económicamente extraíble y la caracterización de este depósito mineral, enfocando así el área de investigación. Para el desarrollo de las actividades de esta etapa se hace uso de mapas, fotografías aéreas, imágenes de satélite y radar, entre otros. La información generada es analizada y una vez que se establecen las posibilidades de la existencia de un depósito mineral extraíble, se da inicio al trabajo de campo. Durante la exploración en campo, los geólogos analizan muestras de roca, realizan mediciones y elaboran mapas de distribución del tipo de roca, con el propósito de definir y detallar el tamaño y forma del yacimiento. Una vez que la empresa ha identificado el yacimiento mineral económicamente viable, ésta protege el área a través

¹ Elaborado a partir de la retroalimentación recibida del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Sonora.
² Yacimiento mineral. Es un cuerpo de roca o zona con concentración de uno o más elementos químicos y/o minerales de interés económico, el cual está rodeado de otros minerales o materiales no económicos y no aprovechables.

del correspondiente “denuncio minero” ante las autoridades competentes y da inicio a la exploración del subsuelo.

Después de que un depósito ha sido descubierto, explorado, delineado y evaluado, el siguiente paso será la selección del método de minado que física, económica y ambientalmente se adapte para la recuperación del mineral comercialmente valioso. Desde el punto de vista económico, el mejor método de explotación deberá ser aquel que proporcione la mayor tasa de retorno en la inversión. Adicionalmente, el método seleccionado deberá satisfacer condiciones de máxima seguridad y permitir un ritmo óptimo de extracción bajo las condiciones geológicas particulares del depósito (SE, 2013).

Debido a que las minas pueden ser subterráneas o a cielo abierto, su explotación dependerá del diseño y la construcción de tiros³, tajos⁴, galerías⁵ y rebajes⁶ (STPS, 2012). El separar y extraer los metales de las concentraciones de minerales es un trabajo delicado que requiere mucha destreza. Se hace en la actualidad en fundiciones o refinerías y es la siguiente etapa en la cadena de valor e implica o puede implicar una etapa de refinación y una de transformación.

La etapa de refinación consiste en un proceso o conjunto de procesos mediante los cuales se separan la mena y la ganga. Estos procesos son:

- Lavado. Se elimina el lodo y material orgánico presentes en algunos minerales.
- Trituración. Disminución del tamaño de los trozos de roca provenientes de la mina.
- Molienda. Reducción del tamaño de partículas relativamente gruesas dejadas por la trituración.

³ Tiro. Conducto de una obra minera vertical o inclinada por donde se realizan actividades de ascenso y descenso de trabajadores, materiales y equipos.

⁴ Tajo. Obra minera a cielo abierto para explotar diversos minerales.

⁵ Galería. Obra que se hace en las minas subterráneas para la extracción de minerales, ventilación, comunicación o desagüe.

⁶ Rebaje. Excavación minera subterránea que se hace ya sea por arriba o por debajo del nivel de una galería.

- Homogenización. Mezcla de la molienda para compensar las variaciones de la granulometría y composición química.
- Clasificación. Separación de una mezcla en dos o más fracciones en base al tamaño.
- Concentración. Separación del mineral o metal útil de la ganga, puede ser:
 - Gravimétrica. Aprovecha la diferencia de densidades del material a separar, utiliza una gran cantidad de agua.
 - Flotación. Utiliza un proceso físico-químico complejo (usando reactivos) para la separación de material.
 - Magnética. Se vale de la atracción de ciertos minerales hacia un campo magnético.

Por otro lado la etapa de transformación consiste en una modificación mecánica o química del mineral extraído y refinado a través de un proceso industrial, después del cual resulta un producto diferente y no identificable con el mineral en su estado natural.

Entre los tipos de transformación se encuentran:

- Hidrometalurgia. Recuperación de los metales de sus menas o de sus concentrados, disolviéndolos mediante algún reactivo para luego precipitarlo (lixiviación).
- Pirometalurgia. Se utiliza calor para la obtención de los metales (tostación, calcinación, coquización, fundición, cocción, secado, refinación, etc.).
- Biometalurgia. Obtención del metal mediante un proceso confiado a la acción de bacterias.
- Electrometalurgia. Trata la extracción y refinación de los metales por el uso de la corriente eléctrica (proceso electrolítico o electrólisis).

Además existen operaciones adicionales que forman parte de la cadena de valor minera como son el: manejo, almacenamiento, transporte y empaque o despacho a granel según sea el caso (SE, 2014).

Un aspecto importante a considerar es que la minería se cuenta entre las actividades industriales que causan más impacto sobre el medio natural. El agua, el suelo y el aire son los más afectados durante el refinado y la transformación de minerales debido a los lixiviados y gases que se desprenden en los procesos de trituración, lavado, corrosión y mecanismos químicos de separación. Para poder afrontar los impactos potenciales de las actividades mineras sobre el ambiente y la biodiversidad, se debe introducir una o más actividades como:

- **Mitigación.** Implica seleccionar e implementar medidas para proteger la biodiversidad de los impactos producidos por la minería. Medidas de mitigación:
 - Evitar impactos modificando una operación minera propuesta o existente para poder prevenirlos o limitarlos. La prioridad debería estar en adoptar acciones que los eviten.
 - Minimizar los impactos implementando decisiones o actividades para reducir las consecuencias indeseadas proponiendo acciones para ello.
 - Rectificar los impactos rehabilitando o restaurando el ambiente afectado.
 - Compensar los impactos reemplazando o proporcionando recursos o ambientes sustitutos.
- **Rehabilitación.** Significa tomar medidas para que después del cierre de las minas se devuelva al terreno los usos que fueron previamente acordados. Rehabilitar o restaurar es muy difícil de lograr si el área fue degradada en gran medida, lleva mucho más tiempo y energía que la protección del medio nativo existente. Una vez que se establecen los objetivos del cierre de la mina, se debería producir un plan de rehabilitación que podría ser:
 - Manejo del suelo y material de destape.
 - Procedimiento de manejo de la capa superficial del suelo.
 - Técnicas de mejora del suelo para crear condiciones favorables para el crecimiento.
 - Técnicas para conservar y reutilizar la vegetación.

- Procedimientos de paisajismo.
 - Técnicas para introducir vegetación.
 - Medidas de control de malezas antes y después de la rehabilitación.
 - Aplicación de fertilizantes.
 - Plantación y programas de mantenimiento.
-
- Mejora. Se refiere a medidas que se adoptan para mejorar la biodiversidad. En tanto que las medidas de mitigación y rehabilitación son respuestas a los impactos o amenazas contra la biodiversidad, las medidas de mejora se toman en respuesta a amenazas externas como fallas institucionales en el manejo o la protección (falta de aplicación) o, la falta de conocimiento científico respecto de la biodiversidad. Esta es una distinción fundamental entre mitigación, rehabilitación y mejora. En la mejora de la biodiversidad se sostiene, que dentro de los límites de una operación que podría llamarse dentro de la esfera, se puede manejar el hábitat natural en zonas no alteradas para mejorar su valor o se puede restaurar el hábitat que ha sufrido alteraciones históricas (no vinculadas con la minería) y pueden extenderse a segundas, terceras y cuartas esferas. La segunda se refiere a la zona de concesión más amplia; la tercera representa al área más amplia de interacciones ambientales o sociales y la cuarta se refiere al apoyo o asesoramiento de las operaciones mineras a nivel regional o nacional en respaldo de la conservación de la biodiversidad. En términos generales, las oportunidades de mejora podemos agruparlas en las siguientes categorías:
 - Manejo del hábitat natural para mejorar su valor.
 - Incremento del conocimiento científico sobre los ecosistemas o las especies a través de estudios a nivel ecosistema, hábitat o especie.
 - Conexión con iniciativas existentes en torno a la conservación.
 - Respaldo al manejo o la creación ambiental y socialmente sustentable de zonas protegidas.

- Respaldo al desarrollo de capacidades de las organizaciones de conservación, agencias o comunidades.
- Tratamiento de algunas amenazas subyacentes a la biodiversidad.
- Fomento de iniciativas integradas de desarrollo y conservación. (SGM, 2014).

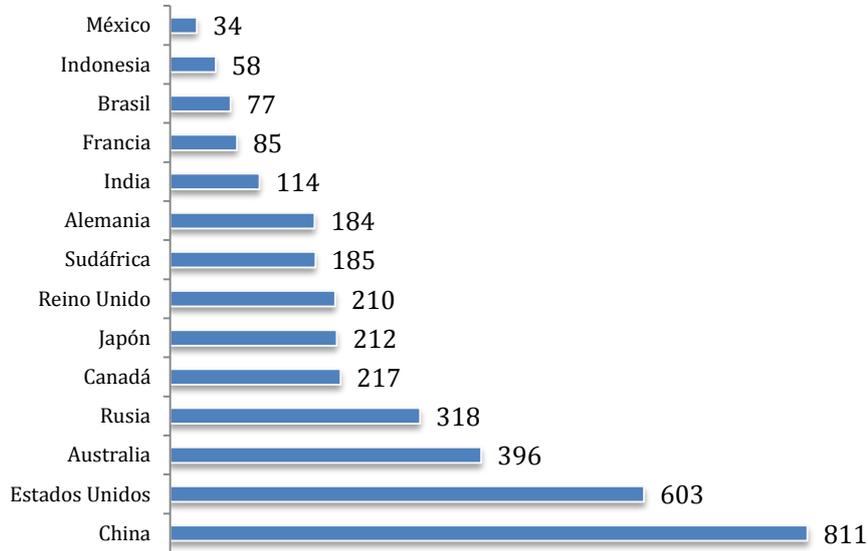
En conclusión, la idea de sustentabilidad dentro del modelo ambiental, en una actividad como la minería debe ser considerada y reforzada ya que es imprescindible debido a la creciente demanda de materias minerales y a la preocupación ambiental.

2.2 Distribución del área de especialización en México

2.2.1 Contexto Internacional

Bajo el marco de este estudio, se han identificado 4,497 compañías que forman parte de la cadena de valor del sector minero a nivel global, 18% de las cuales corresponden a empresas chinas, 13.41% a empresas estadounidenses, 8.81% a empresas australianas y 7% a empresas rusas (Bureau Van Dijk, 2014).

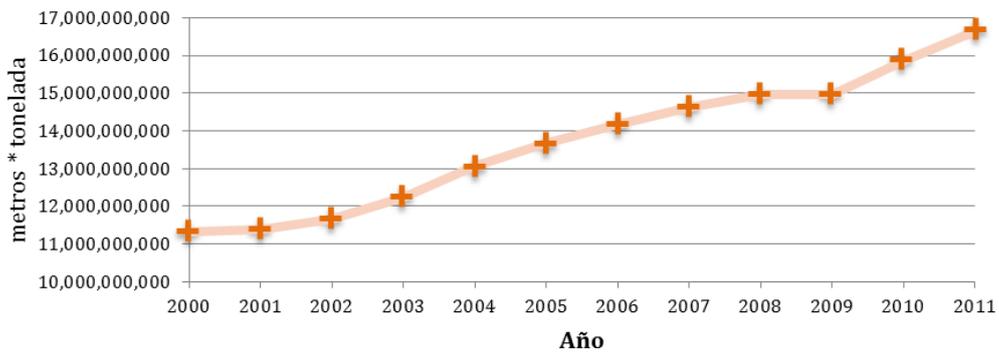
Ilustración 5. Número de compañías incluidas en la cadena de valor del sector minero, por nacionalidad.



Fuente: CambioTec, 2014 con base en (Bureau Van Dijk, 2014).

A nivel global, la producción de minerales ha mostrado un aumento constante durante los últimos años, con una tasa de crecimiento promedio anual del 3.59% en el periodo del 2000 al 2011 y una producción total de 16.6 millones de metros por tonelada en el 2011 (Reichl C., 2013).

Ilustración 6. Producción global de minerales (metros*tonelada)



Fuente: (Reichl C., 2013).

El continente asiático destaca por ser el principal productor de minerales, con el 58% de la producción total global en el 2012, siendo China, India e Indonesia los principales productores de esta región.

Al continente asiático le sigue América del Norte, en donde figuran Estados Unidos, Canadá y México. A esta región le sigue Europa, cuyos principales productores son Rusia, Alemania, Noruega y Polonia.

La Tabla 1 muestra el ingreso que reportaron las principales empresas mineras a nivel global, durante el 2013.

Tabla 1. Principales empresas mineras a nivel global (2013)

Empresa	Ingreso por operaciones (USD)
CHINA	
Empresa Estatal	\$156,613,266
Jiangxi Copper Company Limited	\$25,251,642
Aluminum Corporation of China Limited	\$23,807,865
ESTADOS UNIDOS	
Exxon Mobil Corp.	\$420,836,000
Chevron Corp.	\$220,264,000
General Electric	\$146,045,000
AUSTRALIA	
BHP Billiton Limited	\$71,497,444
Wesfarmers Limited	\$55,531,508
Rio Tinto Limited	\$52,752,000
Premier Coal Limited	\$44,171,994
Wesfarmers Holdings PTY LTD	\$42,499,787
Rio Tinto Limited (Comercial)	\$39,495,941

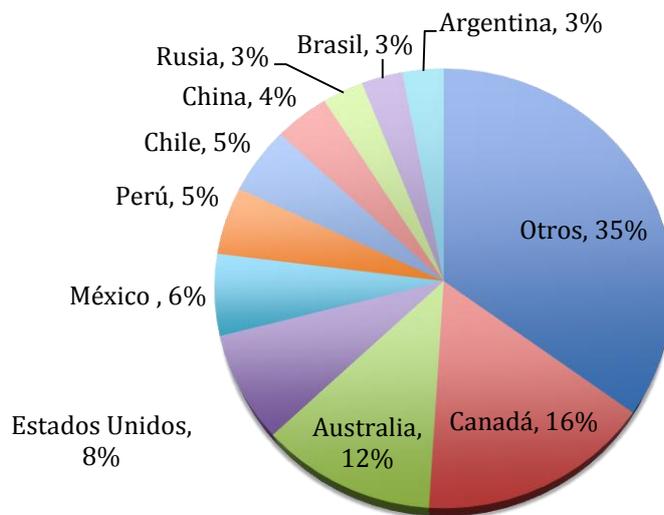
Shell Australia Ltd	\$22,878,203
RUSIA	
Pravitelstvo Rossiiskoi Federasti	\$50,714,060
Mordashov Aleksei	\$13,340,404
Fletcher Industrial Equity Fund Ltd	\$12,156,592
Deripaska Oleg	\$12,073,000
Open Joint Stock Company Moscow	\$9,214,827
CANADÁ	
Suncor Energy Inc.	\$37,793,233
Alcan Inc	\$23,641,000
Teck Coal Limited	\$17,659,671
Barrick Gold Corporation	\$12,604,000
Newmont Mining Corporation of Canada Limited	\$10,139,000
MÉXICO	
Primsa SA de CV	\$11,503,620
Grupo México SAP de CV	\$10,032,878
Industrias Peñoles SAP de CV	\$7,429,600
US Commercial Corp SA de CV	\$3,499,660
Minera México S.A. de C.V.	\$3,273,772
MET-MEX Peñoles SA de CV	\$2,834,621
A.C., Mexicana SA de CV	\$2,534,405
Mexicana de Cobre SA de CV	\$2,503,351
Hylsamex SA de CV	\$2,375,541

Fuente: (Bureau Van Dijk, 2014).

Durante 2012, el presupuesto para explotación de metales no ferrosos ascendió a 21.5 mil millones de dólares a nivel global, siendo 18.1% superior al monto invertido en el 2011, lo cual da cuenta de su importancia creciente.

Ya se ha mencionado que América Latina es el principal destino de inversiones en exploración a nivel global, con una participación del 25%, en donde México se ubica en el primer lugar y el cuarto a nivel global con el 6% antecedido por Canadá, Australia y Estados Unidos con el 16%, 12% y 8% respectivamente (Secretaría de Economía, 2013).

Ilustración 7. Inversión en exploración, por país (2012).



Fuente: (Secretaría de Economía, 2013).

Con respecto a los proveedores de la industria minera, éstos pueden clasificarse, de manera general, en proveedores de conocimiento, tecnología, maquinaria, equipamiento, servicios e insumos.

Dentro de los servicios se encuentran los de ingeniería, construcción, capacitación, logística, almacenamiento, servicios médicos y alimentación, por mencionar algunos. Dentro de la maquinaria y equipo se encuentran aquellos proveedores de transportes de carga, maquinaria para la extracción, transformación y el procesamiento de los minerales.

Existen cientos de empresas proveedoras de equipo para la industria minera. Algunas de ellas son pequeñas empresas especializadas en la producción de componentes específicos o equipamiento sencillo, sin embargo, se estima que esta industria se concentrará en el diseño y la generación de equipo cada vez más especializado. Actualmente son seis las empresas que concentran el 25% del valor del mercado de equipamiento para la industria minera: *Sandvik, Joy Global, Bucyrus International, Atlas Copco, Metso y Terex* (National Association for Business Economics, 2009).

Tabla 2. Principales fabricantes de maquinaria para la industria minera (2007).

Empresa	Nacionalidad	Ventas (millones de dólares)
<i>Atlas Corp.</i>	Suiza	\$6,800
<i>Boart longyear</i>	Australia	\$1,700
<i>Bucyrus Int.</i>	Estados Unidos	\$738
<i>Caterpillar</i>	Estados Unidos	\$41,500
<i>CITIC Group</i>	China	\$10,100
<i>Downer EDI</i>	Australia	\$4,200
<i>FLSmidth</i>	Dinamarca	\$3,700
<i>Furukawa</i>	Japón	\$1,700
<i>Ingersoll Rand</i>	Bermuda	\$11,400
<i>Joy Global</i>	Estados Unidos	\$2,500
<i>Kawasaki</i>	Japón	\$12,300
<i>Kennametal</i>	Estados Unidos	\$2,400
<i>Komatsu</i>	Japón	\$16,200
<i>Liebherr Int.</i>	Suecia	\$8,100
<i>MAN</i>	Alemania	\$16,400
<i>Metso</i>	Finlandia	\$6,200
<i>Mitsubishi Hvy</i>	Japón	\$26,200

<i>RAG</i>	Alemania	\$22,600
<i>Sandvik</i>	Suiza	\$9,800
<i>Shenyang Hvy</i>	China	\$250
<i>Sumitomo Elec</i>	Japón	\$20,400
<i>Techint Group</i>	Argentina	\$19,800
<i>Terex</i>	Estados Unidos	\$7,600
<i>Thyssen Krupp</i>	Alemania	\$71,300

Fuente: (National Association for Business Economics, 2009).

Algunos otros proveedores de la industria minera con presencia a nivel global son:

- *Volvo Construction Equipment*, proveedor de transporte de carga, especialmente adaptado para las actividades mineras.
- 3 M, con el área de soluciones para la industria minera y metalúrgica, en las áreas de protección de personal, seguridad en operaciones, productos eléctricos y materiales avanzados.
- ABB Ltd, líder en automatización y control.
- *Accenture PLC*, empresa de consultoría.
- ACS, Actividades de Construcción y Servicios.
- AMEC, PLC, servicios de ingeniería, consultoría y administración de proyectos.
- *Chevron Corporation*, proveedor de soluciones en gestión de energía.
- *Barlorworld Limited*, compañía sudafricana con operación en 24 países especializada en servicios de transporte y logística.
- *Bridgestone Corporation*, proveedor de neumáticos para maquinaria pesada que opera bajo condiciones extremas.
- *Chicago Bridget & Iron Company*, proveedor de ingeniería, mantenimiento y construcción especializado en proyectos para la industria minera.
- *Cumins Inc*, líder en diseño, manufactura, distribución de maquinaria y equipo, sistemas de control y de generación de energía.
- *Cytec*, proveedor de soluciones químicas para la separación de materiales.
- MMC Metal de México, proveedor de piezas de acero, tales como cabezas rotatorias, uniones, pilotes y varillas.
- *Donaldson Latin America*, proveedor de soluciones para los procesos de filtración.
- *Mettler Toledo*, proveedor de sistemas de medición de alta precisión.
- *Agilent Technologies*, proveedor de productos analíticos.
- *Dosan Infracore*, proveedor de maquinaria pesada.

- *Belaz*, fabricante de maquinaria para movimiento de materiales.
- *TECO-Westinghouse Motor Company*, fabricante de motores y generadores.
- *SKF México*, proveedor de tecnología de rodamientos y equipo giratorio.
- *Cardinal Health Inc.*, proveedor de medicamentos y productos médicos.
- *United Technologies Corporation*, proveedor de sistemas de construcción.

2.2.2 Contexto Nacional

La minería es una de las actividades económicas de mayor tradición en México, practicada desde la época prehispánica y fuente de la expansión regional desde la colonia. Suministra múltiples insumos que son indispensables para otras industrias.

México es un importante productor minero cuenta con una amplia riqueza de recursos minerales, tanto metales preciosos e industriales, como minerales no metálicos. Prácticamente todo el territorio nacional cuenta con yacimientos mineros para la producción de plata, cobre, oro, cadmio, bismuto, celestita, plomo, zinc, coque, azufre, barita, fluorita y diatomita, entre otros (CEFP, 2013) , (CAMIMEX, 2013). La existencia de yacimientos de gran calidad favorece la rentabilidad de los proyectos y representa una gran oportunidad de inversión. El territorio mexicano ocupa 1'964,375 km², de los cuales, el 70% (1'375,063 km²) tiene potencial para el desarrollo de proyectos mineros, porque existe evolución geológica favorable (SE, 2013).

De acuerdo con ProMéxico, México se encuentra dentro de los diez primeros lugares en la producción de diversos minerales, dentro de los que se encuentran: plata, fluorita, bismuto, celestita, wollastonita, sulfato de sodio, plomo, cadmio, molibdeno, diatomita, zinc, yeso, barita, grafito, sal y cobre. Así mismo, se encuentra dentro de los primeros veinte lugares a nivel global en la producción de oro, sílice, caolín, manganeso, sulfuro, feldespato, fosforita y hierro (Ilustración 8).

Ilustración 8. Posición de México en el sector minero, a nivel internacional.

1o	Plata	17.1%
2o	Fluorita Bismuto	17.52% 13.51%
3o	Celestita Wollastonita Sulfato de sodio	8.29% 7.84% 5.48%
4o	Plomo	4.71%
5o	Cadmio Molibdeno Diatomita	7.0%

Fuente: (CAMIMEX, 2013).

De acuerdo con Grupo Behre Dolbear⁷, en el *Ranking of Countries for Mining Investment: "Where Not to Invest"* México se encuentra en la quinta posición de los mejores países para invertir en el sector minero (Berhe Dolbear, 2014).

⁷ El Grupo *Behre Dolbear* es una empresa consultora con sede en Estados Unidos, fundada en 1911 y con oficinas en 8 países. Anualmente, elabora el reporte *Ranking of Countries for Mining Investment: "Where Not to Invest"*. Éste se basa en la encuesta anual que realiza entre sus especialistas, así como en los resultados del *Index of Economic Freedom (Wall Street Journal/Heritage Foundation)*, el *Global Competitiveness Report* del Foro Económico Mundial, además de publicaciones de Transparencia Internacional. Para el estudio de 2014 se incluyeron 25 países, mismos que se evaluaron conforme a 7 criterios: sistema económico, sistema político, grado de afectación que experimenta la actividad minera por problemas sociales, retrasos en la recepción de los permisos debido a problemas burocráticos y otros, grado de corrupción prevaliente en el país, estabilidad de la moneda y competitividad de la política tributaria del país.

Tabla 3. Ranking de los países para invertir en el sector minero

Posición	País	Puntuación en 2014	Puntuación en 2013	Diferencia
1	Canadá	61.6	54.3	7.3
2	Australia	60.3	56.3	4.0
3	Estados Unidos	54.6	41.7	12.9
4	Chile	54.1	51.0	3.1
5	México	46.0	43.1	2.9
6	Brasil	42.6	45.6	-3.0
7	Perú	42.3	35.9	6.4
8	Botswana	41.6	36.8	4.8
9	Namibia	38.6	33.6	5.0
10	Ghana	38.2	36.0	2.2
11	Colombia	37.7	40.5	-2.8
12	Zambia	35.0	26.1	8.9
13	Tanzania	34.2	31.9	2.3
14	Sur África	33.9	24.4	9.5

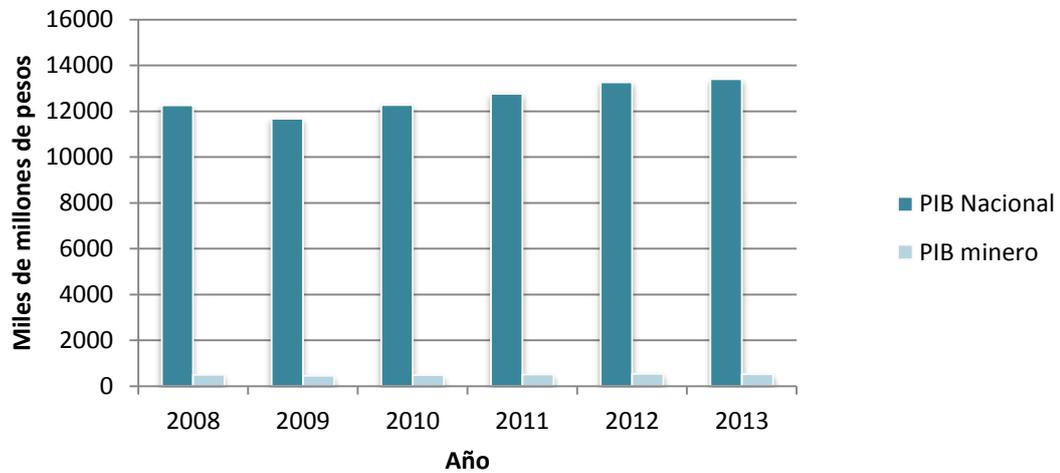
15	Filipinas	32.9	30.4	2.5
16	China	29.7	28.7	1.0
17	India	28.5	27.8	0.7
18	Indonesia	28.1	27.5	0.6
19	Kazakhstan	28.1	20.9	7.2
20	Argentina	24.8	29.0	-4.2
21	Papua Nueva Guinea	23.1	21.0	2.1
22	Mozambique	22.9	32.0	-9.1
23	Mongolia	21.5	26.9	-5.4
24	Rusia	20.1	17.1	3.0
25	D.R. Congo	18.7	17.7	1.0

Fuente: (Berhe Dolbear, 2014)

Durante 2013, el PIB del sector minero ampliado ascendió a 527.71 mil millones de pesos, lo que representó el 3.94% del PIB Nacional (Ilustración 9). Esta cifra se encuentra ligeramente (2%) por debajo de la registrada en el 2012⁸ (INEGI, 2013). El 73.57% del valor del PIB minero correspondió a las actividades de minería petrolera y el 26.43% restante a las actividades de minería no petrolera.

⁸ Se ha registrado una disminución de los precios internacionales de los minerales a partir de 2011, cuando termina el llamado "superciclo"

Ilustración 9. PIB minero ampliado* vs PIB nacional (2008– 2013).



* Minería ampliada: minería petrolera, minería no petrolera y servicios relacionados con la minería.

Fuente: CambioTec, 2014 con datos del (INEGI, 2013).

Entre el 2005 y 2012, la actividad minera decreció a una tasa promedio anual de 0.29%, contrastando con la variación positiva de la economía total y las actividades secundarias del 2.32 y el 1.84%, respectivamente. Cabe resaltar que el decremento y la baja en el PIB minero se deben principalmente a una menor producción petrolera. Bajo este contexto, resulta importante especificar que el PIB petrolero ha disminuido durante seis años consecutivos, mientras que el sector minero no petrolero ha crecido desde el 2006, a un ritmo mayor al de la economía nacional.

El PIB del sector minero no petrolero aumentó durante los últimos seis años a una tasa promedio anual del 9.4%, lo cual se debe al aumento de la demanda de metales preciosos y metales industriales, a nivel global (CEFP, 2013). Tendencia similar se observó durante enero del 2014, mes en el que la actividad minera mostró una reducción del 0.1% con respecto a enero del 2013, consecuencia del descenso del 1.7% reportado en la minería petrolera, en tanto que la no petrolera avanzó 7.4% (INEGI, 2014).

Para el 2012, la inversión en el sector minero en México alcanzó un monto total de 7,647 millones de dólares, 36.3% superior con relación al año previo. De esta inversión, 6,997

millones de dólares corresponden a la inversión realizada por las empresas afiliadas a la Cámara Minera de México (CAMIMEX) y 898.4 millones de dólares a la inversión realizada por las empresas no afiliadas.

Con respecto a la inversión de las empresas afiliadas, el 29.76% se destinó al desarrollo de nuevos proyectos, el 23.78% a la adquisición de equipo y 12.69% a la expansión de proyectos. Por otro lado, 59.12% de la inversión de las empresas no afiliadas se destinó a activos y nuevas minas y 48.87% a trabajos de exploración.

Por otro lado, la proveeduría de la industria minera incluye tanto a productores de minería como productores de equipo para esta industria. Respecto a la producción de equipo minero en México, en 2011 la empresa consultora PwC reportó que hubo un total de 174 proveedores nacionales y que más del 90% de la maquinaria fue importada. Las manufactureras locales sólo estuvieron enfocadas en la fabricación de cintas transportadoras, tamices, trituradores de piedra y equipo de molienda. En este mismo documento se menciona también que compañías mineras como Grupo México, Industrias Peñoles, Empresas *Frisco*, Minera Autlán y Grupo Acerero del Norte representan alrededor del 80% de la demanda de equipo y el 20% restante está representado por 500 PYME (PwC México, 2013).

Respecto a la importación de maquinaria y equipo para la industria minera en México en el año 2006 las importaciones fueron de 813 mdd, mientras que en el 2007 y 2008 se registró un crecimiento drástico alcanzando hasta 1,545 y 2,516 mdd, respectivamente, sin embargo para el 2009 hubo un súbito descenso llegando a 611 mdd, que se mantuvo prácticamente igual para el año siguiente. En 2011 hubo nuevamente un crecimiento en las importaciones de maquinaria y equipo llegando a 703 mdd (Tabla4). Los proveedores líderes en las importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México se muestran en la tabla 5.

Tabla 4. Importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México en millones de dólares 2006-2011

Adquisición	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Equipo de Laboratorio	123	157	201	132	141	131
Equipo para control de contaminantes	286	266	322	246	303	331
Materiales y accesorios	2,417	2,884	3,157	2,358	2,634	3,737
Materiales puros y reactivos	89	105	121	122	160	205
Maquinaria y equipamiento	813	1,545	2,516	611	612	703
Partes de repuesto y accesorios	1,199	1,358	1,612	1,283	1,280	1,688
Total	4929	6319	7931	4753	5133	5797
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (PwC México, 2013)

Tabla 5. Proveedores líderes en las importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México 2008- 2011.

Compañía	Origen	Productos
Atlas Copco	Suecia	Herramientas para excavación, exploración, perforación y refuerzo de rocas.
Sandvik	Suecia	Herramientas, accesorios, equipo de corte, perforación y transportación.
Caterpillar	EUA	Cargadores superficiales y subterráneos, tractores, camiones y palas hidráulicas.
Komatsu	Japón	Palas hidráulicas, cargadoras, tractores y camiones.
Metso	Finlandia	Herrmainetas, grúas, cintas transportadoras para excavación, exploración y perforación.

Fuente: (PwC México, 2013)

En 2012, el valor de la producción minero-metalúrgica mexicana alcanzó un monto total de 234 mil millones de pesos a precios corrientes, monto que representó un incremento

del 9.1% con respecto al 2011 (214.5 mil millones de pesos) (Secretaría de Economía, 2013).

En relación con el empleo, el sector minero, durante 2012, presentó un incremento del 6.1% con respecto al 2011, con un total de 328,555 personas empleadas. La rama que más empleo generó fue la de minerales metálicos, impactando con el 40.6% del total de los nuevos empleos.

En lo referente a las exportaciones mineras, éstas aumentaron 0.4% en 2012, alcanzando un valor de 22.7 mil millones de dólares. Los metales preciosos representaron el 56.2% del total de las exportaciones, con un valor de 12.8 mil millones de dólares (Secretaría de Economía, 2013).

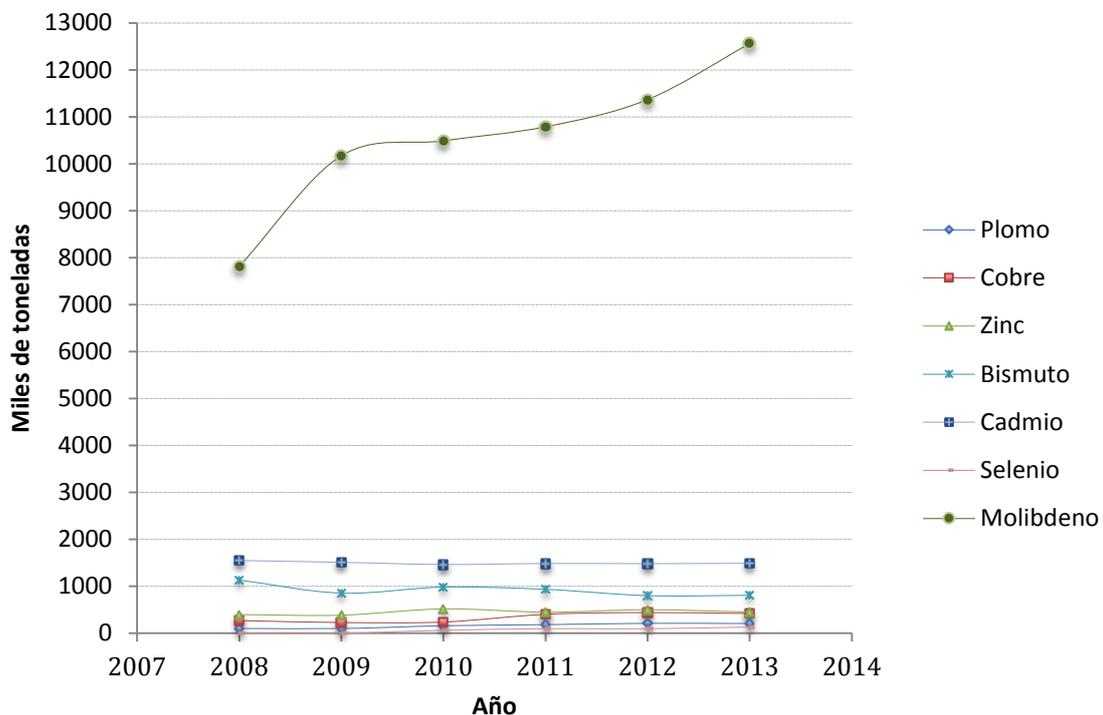
México se distingue por ser el principal productor de plata a nivel global. En el 2013 registró un volumen de 4,460 mil toneladas, con un valor de 59 mil millones de pesos. El oro también se encuentra en los yacimientos del territorio nacional, posicionando a México en el 11º lugar a nivel global (Ilustración 10) (CAMIMEX, 2013).



Fuente: CambioTec, 2014 con base en (CAMIMEX, 2013).

Con respecto a la producción de minerales industriales no ferrosos, México ocupa el 5º lugar en producción de molibdeno, el 7º lugar en producción de zinc y el 10º lugar en producción de cobre. En la Ilustración 11 se muestra la evolución en la producción de minerales no ferrosos en el periodo 2008-2013, destacando principalmente el plomo y muy por debajo le sigue el cadmio y el bismuto, entre otros.

Ilustración 11. Producción de minerales industriales no ferrosos en México (miles de toneladas).



Fuente: CambioTec, 2014 con base en (CAMIMEX, 2013).

Los estados con mayor participación minera son Sonora, con el 24.89% del valor total de la producción, seguido por Zacatecas (21.85%), Chihuahua (12.22%), Durango (6.94%) y San Luis Potosí (5.18%). Estos cinco estados sumaron el 71.1% del valor total de la producción en el 2012 (Secretaría de Economía, 2012).

De acuerdo con ProMéxico, la minería es considerada un área estratégica en siete de las 32 entidades federativas del país (Sonora, Durango, Zacatecas, Colima, Coahuila, Tamaulipas e Hidalgo). Por su parte, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

(Conacyt), en la lista de sectores estratégicos para el Programa de Estímulos a la Innovación 2014, lo consideró sector estratégico en nueve de las 32 entidades del país (Campeche, Coahuila, Durango, Guerrero, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Zacatecas). Finalmente, el Instituto Nacional de Emprendedor (INADEM) de la Secretaría de Economía, considera al sector minero como estratégico en los estados de México y Sonora, sin embargo, cabe aclarar que este análisis se ha limitado a las actividades de obtención y procesamiento de minerales metálicos y no metálicos, no así a la fabricación de la maquinaria necesaria para la obtención y procesamiento de los mismos, la cual se encuentra dentro del sector metalmeccánico, que es estratégico en un gran número de entidades del país (ver Tabla 6).

Tabla 6. Entidades federativas en las que la minería es considerada un sector estratégico.

Entidad	ProMéxico	CONACYT	INADEM
Campeche		✓	
Coahuila	✓	✓	
Colima	✓		
Durango	✓	✓	
Guerrero		✓	
Hidalgo	✓		
México			✓
Puebla		✓	
San Luis Potosí		✓	
Sinaloa		✓	
Sonora	✓	✓	✓
Tamaulipas	✓		
Zacatecas	✓	✓	

Fuente: CambioTec, 2014 con datos de (ProMéxico, 2013), (CONACYT, 2013) e (INADEM-SE, 2014).

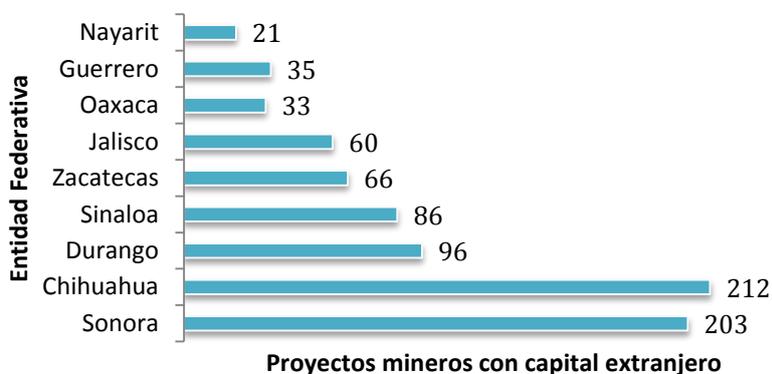
En diciembre del 2012, se tenían registradas 26,071 concesiones mineras, las cuales corresponden a una superficie de 30'872,574.02 hectáreas, lo que representa poco más del 15% de la extensión del territorio nacional (Secretaría de Economía, 2012).

Al mes de febrero de 2014, se registraron un total de 293 empresas mineras extranjeras operando 853 proyectos en México. Del total de estas empresas, 205 son empresas canadienses, 46 son empresas estadounidenses, 10 chinas, 6 australianas, 6 japonesas y 5 británicas (Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2014).

Dentro de los proyectos registrados en México, desarrollados por empresas de capital extranjero, 570 (66.8%) están asociados con metales preciosos, particularmente oro y plata; 119 proyectos (14%) con polimetálicos; 95 (11.1%) con cobre y 46 (5.4%) con hierro. El resto con metales y materiales como germanio, cobalto, titanio, molibdeno, bismuto, barita y wollastonita.

Las entidades que concentran el mayor número de proyectos financiados por empresas de capital extranjero son Sonora (203 proyectos); Chihuahua (212), Durango (96), Sinaloa (86), Zacatecas (66), Jalisco (60), Oaxaca (33), Guerrero (35) y Nayarit (21) (Secretaría de Economía, 2012).

Ilustración 12. Proyectos mineros con capital extranjero, por entidad federativa (2012).



Fuente: CambioTec, 2014, con información de (Secretaría de Economía, 2013).

Entre los principales proyectos mineros en desarrollo se encuentran:

- Las Mercedes, en Sonora, de oro-plata, con una inversión de 194 millones de dólares y la generación de 1,400 empleos.
- Noche Buena, también en Sonora con una inversión de 63 millones de dólares para la producción de oro, con una generación de 250 empleos.
- Velardeña, en el estado de Durango, con una inversión de 203 millones de dólares para la producción de concentrados de oro, plata, plomo y zinc, con la generación de 300 empleos.
- Del Toro en Zacatecas, con una inversión de 124 millones de dólares para la mineralización de oro y plata, con la generación de 600 empleos.

2.3 Posicionamiento del estado en el área de especialización

La minería representa un sector estratégico para Sonora, en el periodo de 2010 a 2012 éste representó, en promedio, el 13.4% del Producto Interno Bruto del estado y, dadas sus condiciones geológicas, el potencial futuro del sector puede ser mucho mayor. Así mismo, como se observa en la Tabla 7, la participación de Sonora en el PIB nacional del sector minero es muy importante (por arriba del 20% en los últimos tres años).

Tabla 7. PIB de Sonora (Valores a precios corrientes).

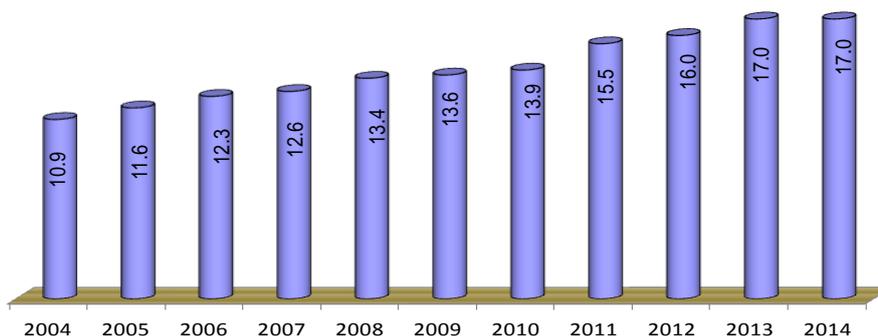
Año	PIB (millones de pesos)	PIB Minería (millones de pesos)	%Participación del PIB del Total nacional	%Participación PIB Minería del total nacional	% Participación del sector minero en el PIB estatal
2012	441,954	68,105	2.93	29.29	15.4
2011	405,311	58,882	2.89	28.55	14.5
2010	355,521	36,327	2.79	25.57	10.2
2009	319,449	21,455	2.76	20.83	6.7
2008	320,904	22,125	2.69	22.9	6.9

2007	301,557	22,034	2.75	23.47	7.3
2006	278,892	17,254	2.76	22.57	6.2
2005	238,243	14,026	2.64	23.48	5.9
2004	212,290	9,081	2.56	18.6	4.3
2003	187,402	4,396	2.57	11.34	2.3

Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2014)

La minería genera 17,000 empleos directos en las 45 unidades mineras en operación consideradas de mediana y gran minería, y 67 unidades operando a pequeña escala y ha permanecido como el primer productor a nivel nacional.

Ilustración 13. Personal empleado en la industria minera en Sonora (miles de empleos directos, 2014)



Sonora produce más del 30% de la producción minera regional, en 2012 se tcon los primeros lugares en cobre, aluminio, oro, selenio, molibdeno, grafito, wollastonita y grafito.

Tabla 8. Volumen de la producción minera de Sonora (Toneladas) 2008-2012.

Mineral/Años	2008	2009	2010	2011	2012 *
Metálicos					
Oro (Kg)	14,630	17,562	22,539	27,560	30,003 (1)
Plata (Kg)	288,038	278,406	325,325	329,246	356,393 (4)
Aluminio	20,000	20,000	21,250	14,000	96,000 (1)

Cobre	177,155	160,838	180,223	348,884	389,302 (1)
Fierro	854	61,962	1,153,392	972,780	1,308,916 (5)
Molibdeno	7,812	10,167	10,849	10,787	11,366 (1)
Selenio	-	-	62	95	95 (1)
No Metálicos					
Agregados Pétreos	92,329	117,018	130,972	72,960	97,622 (26)
Arcillas	308,829	316,600	274,100	207,900	320,250 (11)
Arena	2,388,276	2,023,040	2,131,715	1,491,760	1,548,600 (14)
Calcita	50,000	140,000	8,820	8,820	116,486 (7)
Caliza	1,647,087	1,501,300	1,621,545	1,340,805	1,365,660 (15)
Grafito	7,229	5,105	6,628	7,348	7,520 (1)
Grava	3,355,077	2,692,736	2,648,736	1,985,584	2,061,240 (11)
Perlita	-	8,000	750	750	6,000 (3)
Sal	45,339	47,943	185,558	193,794	157,778 (6)
Wollastonita	46,844	29,728	46,548	47,523	55,204 (1)
Yeso	102,943	49,202	181,160	43,772	118,367 (12)

* El número en paréntesis indica el lugar que ocupa Sonora a nivel nacional en la producción del mineral

Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2014; Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2013)

Tabla 9. Valor de la producción minera de Sonora 2008-2012 (Pesos corrientes).

Productos/Años	2008	2009	2010	2011	2012 p/
Total:	26,414,732,564	24,395,709,924	37,366,247,969	65,744,733,572	72,461,989,648
Metálicos	25,565,449,443	21,296,149,428	36,622,509,666	65,083,258,886	71,664,163,028
Oro	4,519,581,828	6,106,732,835	11,261,920,914	17,436,970,407	21,188,141,233
Plata	1,243,585,551	1,357,703,331	2,689,642,526	4,634,605,010	4,695,691,990
Aluminio		1,300,000	1,430,561	981,273	6,968,947
Cobre	14,511,309,509	10,511,219,719	17,304,061,882	37,811,689,092	40,694,711,973
Fierro	457,350	25,918,243	584,006,384	537,706,205	763,688,885
Molibdeno	5,289,415,210	3,293,275,300	4,716,224,800	4,498,101,000	4,174,350,500
Selenio			65,222,600	163,205,900	140,609,500
No Metálicos	849,283,120	775,376,204	833,517,906	661,474,685	797,826,620
Agregados Pétreos	8,941,159	11,462,119	13,286,849	7,706,285	10,679,270
Arcillas	29,759,320	31,722,387	28,444,477	22,462,429	35,836,480
Arena	227,293,473	200,196,580	218,481,856	159,183,636	171,148,341
Calcita	18,361,825	53,459,351	3,488,175	3,631,713	49,676,460
Caliza	102,166,723	96,830,053	108,319,255	93,251,448	98,370,874
Grafito	13,288,805	12,468,300	15,692,600	17,891,800	19,367,200
Grava	329,124,369	274,663,644	279,820,837	218,395,127	234,810,340
Perlita	-	6,436,624	624,976	650,694	5,391,389
Sal	7,624,486	13,612,367	48,924,256	43,024,081	37,823,146
Wollastonita	102,437,187	64,384,411	97,727,500	91,290,500	122,652,300
Yeso	9,579,070	5,271,714	18,707,125	3,986,972	12,070,820

Fuente: (Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2013)

Para 2014 el volumen y valor de producción minera se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. .Volumen y valor de la producción minera de Sonora (Ton, 2014)

Mineral	Volumen (Ton)	Valor (miles de pesos)
oro	30,160	17,755,508
plata	336,205	3,003,639
cobre	451,658	43,623,689
molibdeno	26,880	5,879,707
hierro	2,450,312	1,781,310
Grafito	11,100	21,590
Carbón antrácitico	200,000	160,000
Barita	200,000	120,000
wollastonita	57,500	175,732
otros	971,199	853,557
Total	4,369,015	73,374,332

a/ Peso en kilogramos.

b/ Comprende contenido metálico de concentrados y cátodos.

c/ Incluye la producción obtenida con concentrados nacionales y de transformación.

d/ Comprende cal viva e hidratada, yeso, puzolana-arcilla, perlita, calcita, carbonato de calcio y sal.

Las principales minas en explotación del estado se muestran en la Tabla 11, así como los principales minerales extraídos.

Tabla 11. Principales minas en explotación localizadas en Sonora.

Mineral	Nombre	Observación
Cobre	Cananea	La mina de cobre más importante de cobre; con reservas actuales de 2,100 millones de toneladas
	La Caridad	Su principal producto es cobre; sin embargo, también se extraen molibdeno, oro y plata.
	Piedras Verdes	Produce más de 25 millones de toneladas anuales de cobre

	Milpillas	Produce más de 25,500 toneladas anuales
	María	Produce 9 mil toneladas de cobre
Wollastonita	Pilares	Por sus reservas es considerada uno de los yacimientos más importantes a nivel mundial. Su producción anual es de 47 mil toneladas
Oro	La herradura	La producción de oro es superior a los 13,000 Kg anuales
	Cerro Colorado	Producción anual de 720 kg de oro
	Mulatos	Es una de las minas más importantes de oro, produce alrededor de 4,500 kg de oro al año
	Santa Elena	Inició operaciones en 2010, a su máxima capacidad producirá 30,00 onzas de oro anuales
	El Chanate	Capacidad de producción de 1,800 kg de oro anuales
	San Francisco	Produce 1900 kg de oro al año
	Lluvia de Oro	Inició operaciones en 2011
	Mercedes	Inició operaciones en 2011
Plata	Álamo Dorado	Reservas importantes de plata (35.5 millones de toneladas) y tiene una producción anual superior a las 6 millones de onzas
Fierro	El Volcán	Produce 1,800,000 toneladas

Fuente: (Secretaría de Economía del Estado de Sonora) .

Con respecto a la propiedad minera, para el periodo 2007–2013 el número de concesiones se ha incrementado, de igual manera la superficie que protege, llegando a representar en 2013 el 30.26% del territorio estatal con 5,390 títulos.

Tabla 12. Evolución de las concesiones mineras en Sonora (2007-2013).

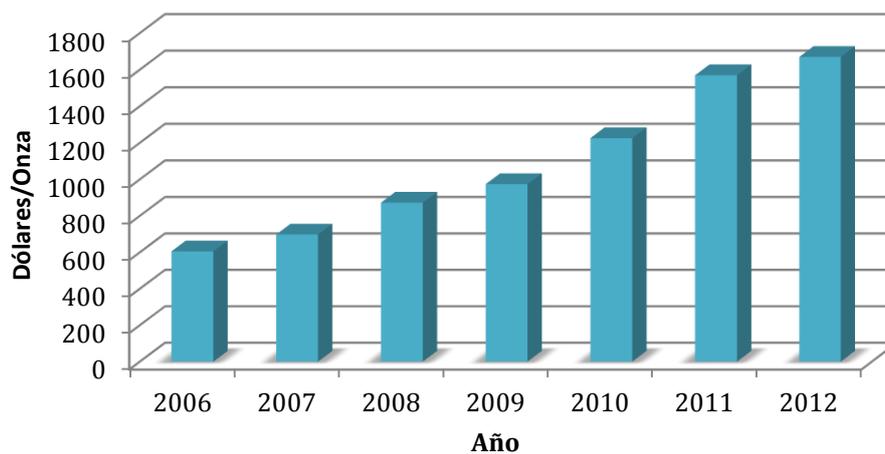
Año	Total		Cobertura estatal (%)
	Superficie (ha)	No. De títulos	
2007	2,854,417.8	3,844	16.04
2008	4,005,153.4	4,135	21.6
2009	3,624,115.4	4,099	20.2

2010	3,579,335.6	4,163	19.02
2011	4,438,677	4,654	23.55
2012	5,29,991	4,786	27.69
2013	5,705,711	5,390	30.26

Fuente: (Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2013).

Sin duda alguna, el repunte de la actividad minera en Sonora está relacionado con los precios internacionales de los minerales, en particular del oro y la plata; en el primer caso la cotización del oro en 2009 fue de 972 usd/onza, en 2010 de 1224.7 usd/onza y para el 2012 se cotizó en 1,668.8 usd/onza (Ilustración 14).

Ilustración 14. Cotización anual del oro (usd/Onza).



Fuente: CambioTec, 2014 con base en (Secretaría de Economía, 2013).

2.4 Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial

De acuerdo con la unidad de Inteligencia de la revista *The Economist* (2013) la industria minera está contemplando el fin de un “superciclo” que se caracterizaba por altos precios de la mayoría de los *commodities* producidos. Actualmente dichos precios han

estado disminuyendo, aunque diversos analistas sugieren que los precios de minerales escasos en el mercado volverán a subir, entre otras cosas, porque el crecimiento de China seguirá impulsando la demanda.

En tales condiciones *The Economist* afirma que el mantenimiento de la rentabilidad en la minería depende en gran medida de la capacidad de generar innovaciones a lo largo de la cadena de valor. (The Economist, 2013)

La tecnología y la innovación tienen importancia crítica en la minería. El tipo de mineral constituye un factor determinante sobre la tecnología empleada para el desarrollo de las actividades de prospección, exploración, extracción, fundición, recuperación y procesamiento.

Algunas de las principales áreas del conocimiento relacionadas con la exploración y prospección en minería son: la mecánica de suelos, geoquímica, geología, geometalurgia, tectono-física, tecnología del espacio subterráneo, química analítica e informática y gestión de datos. Con respecto a las áreas del conocimiento relacionadas con las actividades de extracción, se encuentran: hidrometalurgia, geoquímica, geología, geometalurgia, ingeniería de los minerales, tecnología del espacio subterráneo, tecnologías de la Información y la comunicación, neurocomputación, diseño y construcción de máquinas e implementos especiales, instrumentación y control, manejo de sensores y sistemas inteligentes, sistemas de mantenimiento e ingeniería de materiales.

El desarrollo y aplicación de diversas tecnologías resulta indispensable en las actividades de la industria minero-metalúrgica, debido a la necesidad de incrementar sus rendimientos y eficiencia, así como de cumplir con la regulación emitida en torno a la seguridad de los trabajadores y el cuidado del medio ambiente.

De acuerdo con CAMIMEX, las grandes empresas mineras establecidas en México invierten cerca del 15% de su presupuesto en el desarrollo y/o aplicación de nuevas tecnologías. Sin embargo, **la gran mayoría de las tecnologías empleadas por la industria minera en México son importadas**. Esto evidencia la dependencia tecnológica y la falta

de articulación entre los diferentes actores del ecosistema de innovación en México, así como la carencia de personal especializado con capacidades para atender las demandas del sector.

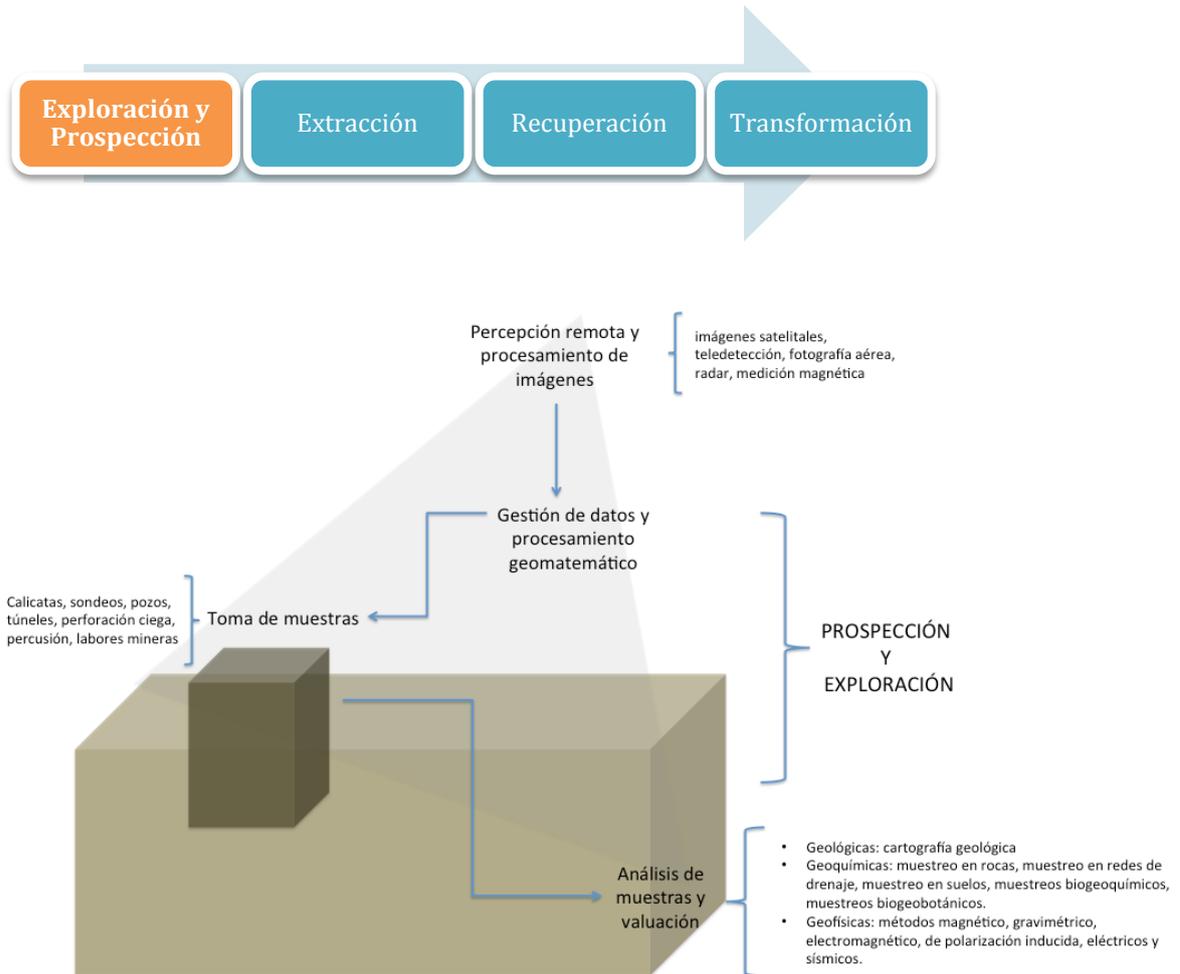
A partir del desarrollo de esta agenda, se ha identificado que algunas de las principales áreas tecnológicas en el sector minero se orientan a la atención de temas relacionados con: **la eficiencia energética, el manejo de fluidos, la automatización, las tecnologías de la información para la gestión de metadatos, el diagnóstico remoto, la transmisión de datos en tiempo real, la seguridad del personal, la gestión del agua y la disminución del impacto ambiental**, entre otras.

Con base en esto, a continuación se identifican las áreas tecnológicas de mayor impacto futuro en el sector minero.

2.4.1 Tecnologías empleadas en las actividades de exploración.

La identificación y evaluación de yacimientos requiere de técnicas de exploración cada vez más complejas. Desde la década de los 50s, el descubrimiento de yacimientos minerales se atribuye a la aplicación de tecnologías geofísicas y geoquímicas desarrolladas tanto por el sector privado como por los gobiernos. Las actividades de investigación y desarrollo en ciencias geológicas, métodos geofísicos y geoquímicos y tecnologías de perforación, impactan de manera significativa en la productividad y efectividad de la exploración mineral.

Ilustración 15 . Tendencias tecnológicas en las actividades de prospección y exploración minera.



Fuente: CambioTec, 2014

Durante las etapas de exploración, actualmente es común el empleo de diversas técnicas analíticas como: absorción atómica, usada en muestras de metales preciosos; fluorescencia de rayos X, la cual permite conocer las concentraciones de diferentes elementos y el potencial geológico de los yacimientos; la espectroscopia atómica, utilizada desde la década de los 50s; la espectrometría de plasma, la espectroscopia de masas y, más recientemente, la espectroscopia por emisión atómica, las cuales son técnicas analíticas de alta sensibilidad que permiten desarrollar un análisis más sensible y preciso de la información recopilada y facilitan la toma de decisiones estratégicas.

El uso de tecnologías de la información es también común durante las actividades de exploración de la industria minera, éstas tienen diversas aplicaciones durante la etapa de exploración, permitiendo el análisis de grandes cantidades de información, facilitando la toma de decisiones y disminuyendo los riesgos asociados a la falta de estabilidad en el suelo.

La gran mayoría de las empresas de exploración utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG) como tecnología principal, sin embargo, ahora se hace indispensable el desarrollo de herramientas que permitan llevar a cabo una gestión adecuada de los datos geoespaciales, facilitando la toma de decisiones.

De acuerdo con un estudio realizado por *Geosoft*, proveedor de las empresas de exploración minera, éstas han mostrado interés en el diseño y la implementación de Soluciones para la Gestión de la Información generada a partir de las actividades de Exploración (*Exploration Information Management Solutions – EIMS*, por sus siglas en inglés). Este interés surge de las necesidades que tienen las empresas de que la información obtenida a partir de la exploración de depósitos más profundos y en ambientes más complejos sea accesible y pueda preservarse y analizarse para futuros proyectos de exploración. Los próximos desarrollos en la recopilación y gestión de datos derivados de las actividades de exploración, se enfocarán en la web, en particular en el modelo de computación en la nube.

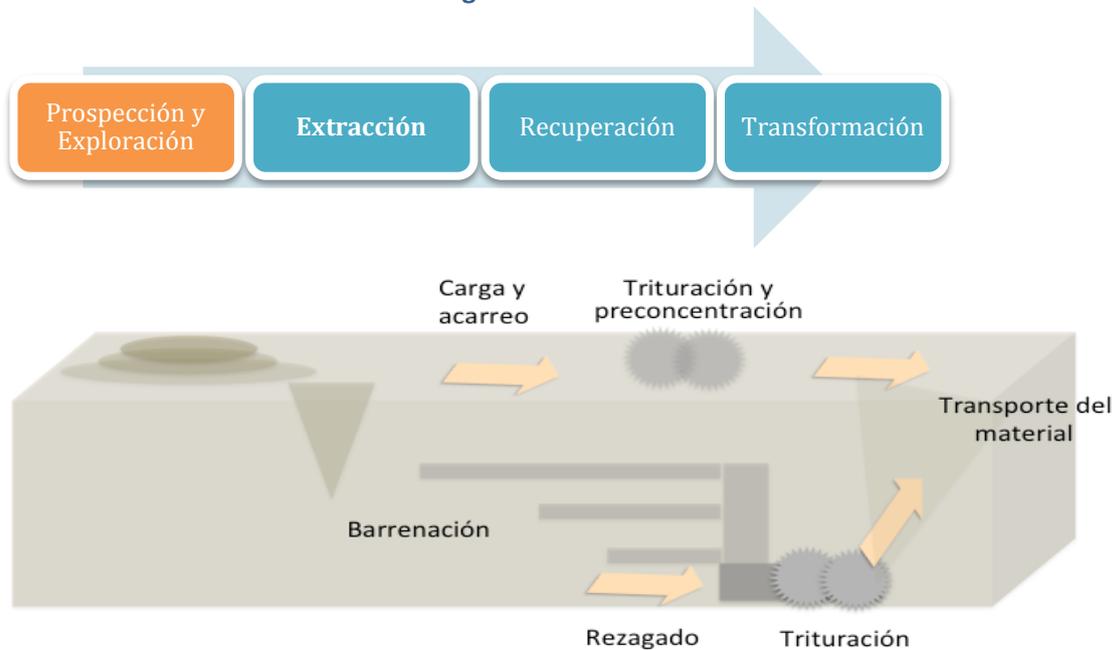
2.4.2 Tecnologías empleadas en las actividades de extracción.

Debido a que las empresas mineras no tienen control sobre los precios de mercado de los metales y minerales, resulta indispensable mantener un control sobre sus márgenes a través del aumento de la eficiencia y los rendimientos.

Se han diseñado, desarrollado y adaptado diversas tecnologías para el desarrollo de las operaciones de perforación, extracción, molienda, filtración y transporte, entre otros.

También se desarrollan nuevos procesos orientados a la reducción de los costos asociados al consumo de energía y al consumo de agua.

Ilustración 16. Tendencias tecnológicas en las actividades de extracción de minerales.



Fuente: CambioTec, 2014

Dentro de las tecnologías empleadas en la extracción de minerales se encuentran:

- Programas de *software* que permiten el monitoreo y control de la maquinaria vía remota, a través de sistemas de satélite.
- Maquinaria y equipo diseñado para soportar las condiciones extremas de operación (vibraciones, humedad, temperatura, presión y corrosión, entre otras).
- Sistemas de transporte y maquinaria que operan a través de señales GPS, monitoreando y registrando todas las actividades, incluso si el equipamiento se está operando de manera adecuada y si se encuentra dentro del perímetro autorizado.
- Equipos de perforación y excavación de operación remota, que reducen el riesgo asociado a estas actividades.

- Maquinaria equipada con sensores robóticos para el monitoreo de las condiciones de operación.

Son también conocidos los casos de adaptación de maquinaria y equipo para cumplir con los requerimientos de la industria minera, a partir de una estrecha colaboración cliente-proveedor con el objetivo de conocer las modificaciones necesarias para operar bajo las condiciones específicas de trabajo, las cuales incluyen condiciones de humedad, temperatura, corrosión y tiempo de operación, entre otros.

De acuerdo con *The Freedonia Group Inc.*, se espera que la demanda de maquinaria y equipo para minería se incremente a una razón del 8.6% anual hasta el año 2017, hasta alcanzar un valor de 135 mil millones de dólares. Se espera que la demanda se incremente en países en vías de desarrollo, principalmente en Brasil, India y China. El equipo de minería para actividades a cielo abierto representa el 37% del valor total del mercado y se espera que los equipos de perforación, excavación y pulverizadores sean los que presenten el mayor crecimiento durante los próximos cinco años. Esto se debe a que se trata de equipos universales, usados desde la fase de exploración.

Los proveedores de maquinaria y equipo desarrollan nuevos diseños, de acuerdo con las especificaciones técnicas de la industria.

Las empresas mineras han logrado un importante nivel de automatización en los subprocesos, por lo que se prevé que en un futuro este sector será demandante de operadores cada vez más especializados en la optimización de productos y procesos. Sin embargo, el sector minero aún se enfrenta a grandes retos en la integración de las suboperaciones y la información que se genera en cada una de ellas. Esto se debe a la falta de infraestructura en comunicaciones, tanto de sistemas alámbricos como inalámbricos en los ambientes mineros. Los nuevos desarrollos tecnológicos se orientan a: la disponibilidad de datos; la generación de datos de calidad; el uso eficiente de recursos; la propagación en tiempo real de los datos de diferentes sistemas; la propagación en tiempo real de la información hacia sistemas superiores y centros de control; el desarrollo de la capacidad de desarrollar diagnósticos en tiempo real, tanto de equipos

como de procesos; la posibilidad de analizar tendencias; la configuración remota y la calibración remota, entre otras .

2.4.3 Tecnologías en torno a la sustentabilidad y seguridad.

El sector minero enfrenta importantes retos tecnológicos relacionados con la racionalización del uso de energéticos y recursos naturales; la reducción del impacto ambiental y la implementación de rigurosos sistemas de seguridad, apegados a estándares internacionales.

Los desarrollos tecnológicos también son aplicados a disminuir los riesgos asociados a la actividad minera. Las nuevas tecnologías permiten detectar cualquier movimiento y evitar colapsos a través de un proceso previo de reforzamiento. Es también posible identificar la ubicación de los trabajadores mejorando los sistemas de comunicación y transporte dentro de la mina y hacer uso de instrumentos que permiten detectar fatiga en el operador.

La Comisión de Energía e Innovación y Tecnología promueve la generación y uso de energías sustentables entre las empresas mineras con actividades en México. Algunos de los esfuerzos realizados en este sentido son la granja de viento de 80MW de Grupo Peñoles; el nuevo proyecto de granja de viento de 75MW de Grupo México; la planta mini hidro-eléctrica de Minera Autlán y la planta de ciclo combinado de generación de Minera México.

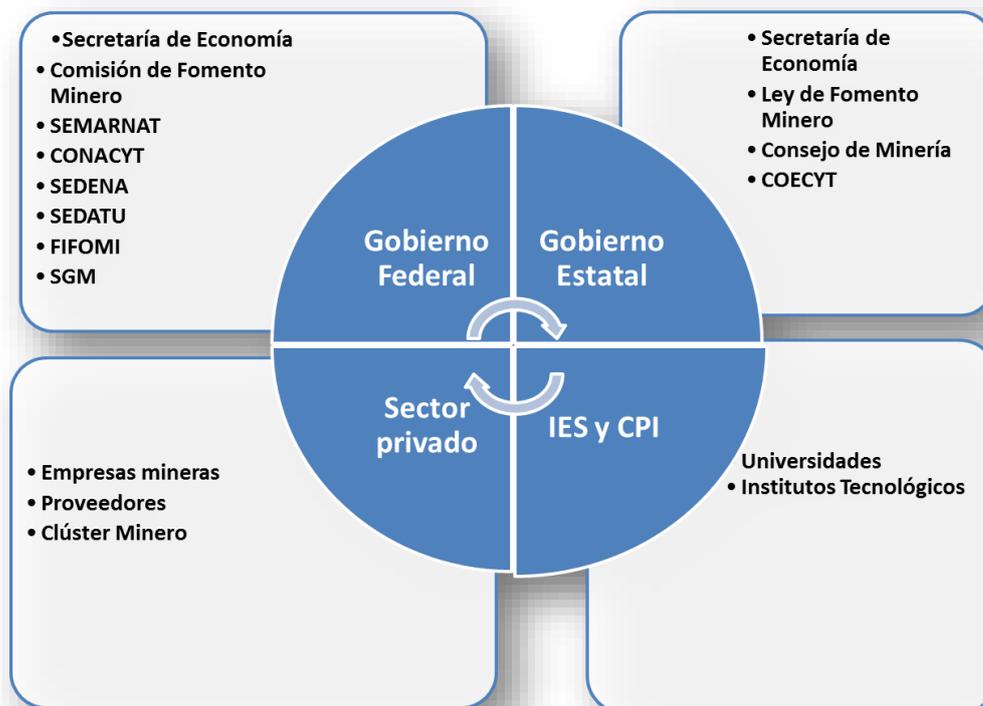
En México se ha trabajado también en el reemplazo de diesel con energía solar para el calentamiento de fluidos y en la optimización y reuso del agua en las minas, a través de la construcción de plantas de tratamiento de agua en poblaciones cercanas a las minas.

3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN PARA EL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

El ecosistema de innovación del área minera en Sonora se integra por el gobierno, mediante sus distintas dependencias, programas e instrumentos de política (convenios con organismos internacionales); las empresas de los diversos subsectores; las Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación (CI).

3.1 Mapa de los agentes del ecosistema de innovación

Ilustración 17. Ecosistema de Innovación del área Minería en Sonora



Fuente: CambioTec, 2014

3.2 Principales IES y Centros de Investigación y sus principales líneas de investigación

3.2.1 Instituciones de Educación Superior

La formación de recursos humanos para apoyo al sector minero no es suficiente, anualmente egresan de las carreras de ciencias de la Tierra apenas 180 estudiantes y se estima que la cifra disminuirá en el próximo año, aún ante las necesidades de nuestro sector que requiere contratar a 400 egresados por año.

Sin embargo los esfuerzos de las universidades e instituciones de educación superior por ofertar opciones que colaboren al sector no son pocos, a continuación se muestra las instituciones que cuentan con carreras relacionadas al sector.

Las principales instituciones estatales que forman recursos humanos para el sector son: **Universidad de Sonora** ofrece licenciaturas en geología, administración de empresas mineras, ingeniería química con especialidad en metalurgia, maestría en metalurgia extractiva. **La Universidad Estatal de Sonora** (antes Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES)) ofrece la carrera de ingeniero en geociencias. En la tabla 13 se presenta la lista de instituciones que ofrecen licenciaturas y posgrados relacionados con la minería (extracción, metalurgia).

Tabla 13 . Instituciones de educación superior con carreras relevantes para la minería.

Institución	Municipios	Profesionistas afines al sector minero
Instituto Tecnológico de Hermosillo	Hermosillo	Ingeniero en mecatrónica, ingeniero industrial
Instituto Tecnológico de Nogales	Nogales	Ingeniero en mecatrónica, ingeniero industrial
	Guaymas	Ingeniero industrial y de sistemas

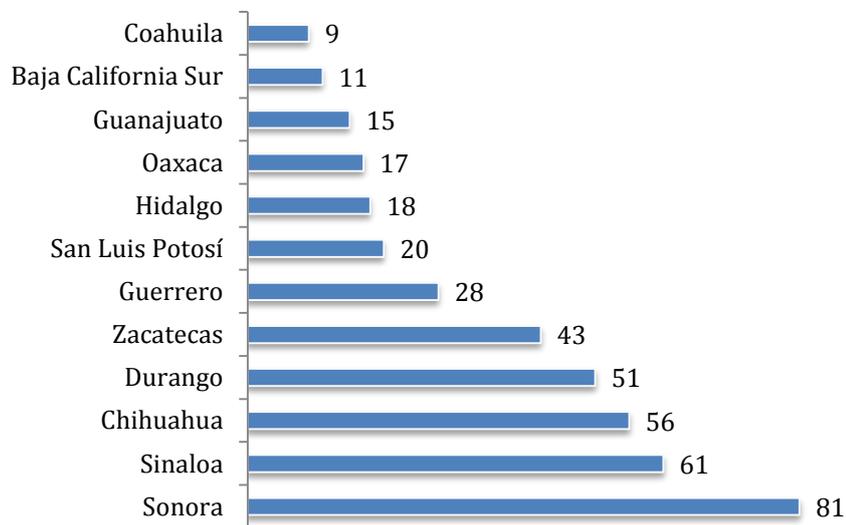
Instituto Tecnológico de Sonora	Navojoa	Ingeniero industrial y de sistemas
	Obregón	Ingeniero químico; ingeniero industrial y de sistemas
Instituto Tecnológico de Cajeme	Cajeme	Ingeniero mecánico; ingeniero industrial; ingeniero en minería (inició en 2014)
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey	Hermosillo	Ingeniero mecánico; ingeniero industrial y de sistemas
Universidad de Sonora	Hermosillo	Licenciado en geología, maestría en geología; ingeniero en materiales; ingeniero en mecatrónica; ingeniero industrial y de sistemas; ingeniero metalúrgico; ingeniero minero; ingeniero químico; especialidad en ciencias de la ingeniería (procesos metalúrgicos); maestría en ingeniería química;
	Caborca	Ingeniero industrial y de sistemas; ingeniero minero
	Navojoa	Ingeniero industrial y de sistemas
Universidad Estatal de Sonora	Hermosillo, San Luis Río Colorado, Navojoa, Magdalena y Benito Juárez	Ingeniero en geociencias
Universidad Tecnológica de Hermosillo	Hermosillo	Ingeniero en mantenimiento industrial; ingeniero en mecatrónica
Universidad Tecnológica de Puerto Peñasco	Puerto Peñasco	Ingeniero en Minería (inició en 2013)

Fuente: CambioTec, 2014 con datos de (ANUIES, 2013).

3.3 Detalle de empresas del área de especialización

Las entidades federativas con el mayor número de empresas mineras operando en su territorio son: Sonora, con 81 empresas mineras; Sinaloa, con 61 empresas; Chihuahua, con 56 empresas; Durango, con 51 empresas y Zacatecas, con 43 empresas. Estas cinco entidades cuentan con la presencia de más del 68% de las empresas mineras ubicadas en México.

Ilustración 18. Empresas mineras, por entidad federativa.



Fuente: CambioTec, 2014 a partir de (Secretaría de Economía del Estado de Sonora).

Las empresas mineras con presencia en nuestro país tienen diversas nacionalidades, predominando las empresas canadienses, estadounidenses, australianas y mexicanas. Algunas de las principales empresas mineras con operaciones en el territorio nacional son:

- *First Majestic Silvercorp*⁹. Empresa canadiense con operaciones en Coahuila, Durango, Jalisco, Sinaloa, Sonora y Zacatecas. Es propietaria de cinco minas en México para la extracción de plata: La Encantada, ubicada en el estado de Coahuila, que ha sido explotada desde el 2006 y cuenta con una capacidad de 4.1 – 4.3 millones de onzas de plata al año; La Parrilla, localizada en estado de Durango, con una producción de 3.3 – 3.5 millones de onzas de plata anuales; San Martín, con una capacidad para producir 1.4 - 1.6 millones de onzas de plata al año; La Guitarra y Del Toro.
- *Almaden Minerals*. Empresa canadiense con operaciones en Coahuila, Chihuahua, Sinaloa, Sonora y Zacatecas. Especialista en la exploración de yacimientos de oro, plata y cobre. Ha desarrollado diversos proyectos de exploración, los cuales han sido posteriormente vendidos a empresas mineras. Algunos de estos proyectos son: La Bufa, para la extracción de oro y plata en Zacatecas; El Pulpo, para la extracción de oro, cobre y molibdeno en Sinaloa; Trópico, para la extracción de cobre, platino y paladio en Mazatlán; Yago, para la extracción de oro y plata en Nayarit, entre otros.
- *Primero Mining*. Empresa canadiense con operaciones en Chiapas, Guanajuato, Chihuahua, Durango, Jalisco y Sinaloa. Empresa de exploración, extracción y producción de metales preciosos en México y Canadá. Es propietaria de las minas: San Dimas, ubicada en Durango y productora de oro y plata; Cerro del Gallo, localizada en el estado de Guanajuato. Se encuentra también desarrollando actividades de exploración en diferentes entidades de la República.

⁹ First Majestic Silvercorp cuenta con una tecnología de molinos de cianidación de plata, la cual ha reemplazado el uso de los molinos de flotación.

- *Goldcorp Inc.* Empresa canadiense dedicada a la producción de oro con operaciones en Guerrero, Durango, Sinaloa, Sonora y Zacatecas. Es propietaria de cinco minas en Canadá y los Estados Unidos, tres minas en México y tres en el Centro y Sur del continente Americano. Las minas ubicadas en México propiedad de Goldcorp Inc son: Peñasquito, ubicada en Zacatecas; Los Filos, localizada en Guerrero y El Sauzal, en Chihuahua.

Entre las empresas mexicanas destacan:

- Grupo México, propietaria de *Southern Copper Corporation* y ASARCO, compañía americana de Fundición y Refinación. *Southern Copper Corporation* opera en México y Perú y realiza actividades de exploración en Chile. Las operaciones en México constan de dos minas de cobre a tajo abierto (La Caridad y Cananea), varias minas subterráneas de zinc y plata, y un gran complejo metalúrgico en La Caridad.
- Industrias Peñoles. Grupo minero con operaciones integradas para la extracción, fundición, y afinación de metales no ferrosos y la elaboración de productos químicos. El grupo está conformado por: la división minera (plata, oro, cobre, zinc, tungsteno y plomo), la división de exploración; la división de tecnología e innovación; la división de energía; la división de metales y la división química. Sus operaciones incluyen nueve minas subterráneas, dos minas a cielo abierto y la refinería Met-Mex en el estado de Coahuila. Industrias Peñoles es el mayor productor a nivel mundial de plata afinada y bismuto metálico, líder latinoamericano en la producción de oro y plomo afinados y se encuentra entre los principales productores a nivel global de zinc afinado y sulfato de sodio (Business insight in Latin America, 2014).

Dentro de sus proyectos de desarrollo tecnológico se pueden mencionar: la puesta en marcha de la primera etapa del parque eólico en el 2011, ubicado en

el municipio de El Espinal, Oaxaca. Este parque cubre el 91.4% de sus requerimientos totales de electricidad, representando un ahorro de 70.4 millones de dólares; la planta de lixiviación dinámica para incrementar la producción de oro en 51kOz promedio al año en Sonora (Industrias Peñoles, s.f.).

- Minera Autlán. Forma parte del Grupo FerroMinero. Dedicada a la producción y comercialización de diversas clases de minerales de manganeso y ferroaleaciones. Actualmente cuenta con tres unidades mineras y tres plantas de ferroaleaciones (Minera Frisco, 2011).
- Invecture Group. Empresa dedica a la inversión en activos mineros. Su principal activo es la mina de cobre Piedras Verdes en el estado de Sonora. Esta mina produce anualmente 70 millones de libras de cobre catódico grado A, mediante la extracción a cielo abierto y la operación de lixiviación de material triturado. Es también propietaria del proyecto de oro y plata Monteverde ubicado en Chihuahua, con una reserva de 1.2 millones de onzas de oro y del proyecto Los Cardones ubicado en Baja California Sur.
- Minera Camargo. Con operaciones desde 1999, cuenta con participación en 64 denuncios mineros en 4 estados del país. Es propietaria de: la mina Tango, para la extracción de oro y molibdeno en Sinaloa; del proyecto VMS en Jalisco (Mining World, 2013).
- Minera Frisco. Es propietaria de diversas unidades mineras, entre las que se encuentran Minera María SA de CV, mina de tajo ubicada en Cananea, Sonora y productora de concentrados de cobre; Real de Asientos, mina subterránea ubicada en el estado de Aguascalientes para la producción de concentrados de plomo-plata, zinc y cobre; Real de Ángeles Coronel, mina de tajo ubicada en el estado de Zacatecas, para la producción de barras mixtas de doré (oro y plata); Real de Ángeles San Felipe, mina subterránea localizada en Baja California, productora de barras mixtas de oro y plata; San Francisco del Oro, localizada en Chihuahua y productora de plata-plomo, zinc y cobre y, finalmente Minera

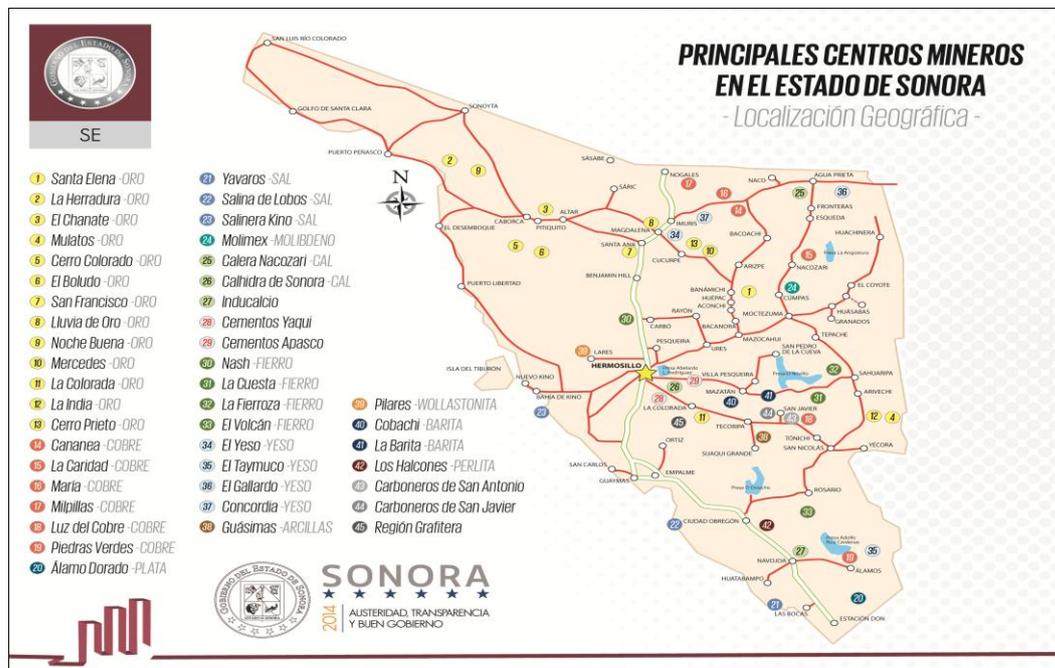
Tayahua, situada en el estado de Zacatecas. Es una mina subterránea para la producción de plata-plomo, zinc y cobre. (Minera Frisco, 2011).

Las exploraciones e investigaciones minerales que se llevan a cabo, hablan de la gran probabilidad que tendrá la industria minera de Sonora para expandirse y diversificarse; prueba de ello son las cinco nuevas minas que entraron a operar en el período 2008-2011. Una de las minas nuevas es el proyecto Noche Buena que desarrolla la empresa Fresnillo PLC en el municipio de Caborca y que pronto iniciará operaciones con una producción promedio estimada de 42,000 onzas de oro anuales. La producción de oro en Sonora es producto del establecimiento de diez unidades mineras productoras de oro en el estado.

Se cuenta con un 30% de la superficie estatal con concesiones mineras que generan la producción y el valor de producción presentados anteriormente.

La Ilustración 19 muestra la distribución de todas las regiones mineras del estado, así como la ubicación de las minas en actual funcionamiento.

Ilustración 19. Regiones y distritos mineros del estado de Sonora.



Fuente: (Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2013).

En la Ilustración 19 se ha mostrado la distribución geográfica de las minas en el estado, la categorización del mapa indica la naturaleza de la sustancia de extracción, ya sea minerales metálicos o no metálicos, además se pueden observar las minas que se encuentran en suspensión de actividades. Adicionalmente, en la Tabla 14 se presentan diferentes proyectos mineros con exploración avanzada, junto con el listado de empresas que los respaldan. Como puede observarse, el número y el tamaño de las empresas es considerable.

Tabla 14. Principales proyectos mineros con exploración avanzada 2012.

Proyecto	Municipio	Producto	Empresa que explota
1.- Los Verdes	Yécora	Cu	Minera Columbia de México, S.A. de C.V.
2.- Basureros	Caborca	Au, Cu	Minera Genminmex, S.A. de C.V.
3.- El Asilo	Caborca	Au	Stingray Resources Inc.
4.- La Jojoba	Magdalena	Au	Minera Columbia de Mexico, S.A. de C.V.
5.- Washington	Huepac	Cu, Mo, Au	Exploraciones Peñoles, S.A. de C.V.
6.- Adair	Puerto Peñasco	Trona	Minerales para la Industria, S.A. de C.V.
7.- El Álamo	Magdalena	Borax	Materias Primas Magdalena, S.A. de C.V.
8.- Oro Blanco	Bacadehuachi	Sulfato de Sodio	Minerales para la Industria, S.A. de C.V.
9.- El Crestón	Opodepe	Mo, Cu	Minera Columbia de Mexico, S.A. de C.V.
10.- Alaska	Álamos	Ag, Au, Cu	Klondike Silver
11.- Baboyahui	Álamos- Choix	Au, Ag	Minera Golondrina, S.A. de C.V.
12.- Cerro de Oro	Rayón	Au, Pb, Zn	Exploraciones Peñoles, S.A. de C.V.
13.- Amelia	Cucurpe	Au	Firts Silver Reserve, S. A de C. V
14.- El Gachi	Arizpe	Au, Pb, Zn	Hochschild Mexico, S.A. de C.V.
15.- Cumobabi	Cumpas	Mo, Cu	Servicios Corporativos Frisco, S.A. de C.V.
16.- Las Arenillas	Cumpas	Au, Pb, Zn	Hochschild Mexico, S.A. de C.V.
17.- La Colorada	La Colorada	Au	Compañía Minera Pitalla Pitalla, S.A de C.V
18.- La Púrica	Nacozari de García	Au, Cu	Yamana
19.- Promontorio	Rosario, Cd. Obregón	Au, Ag, Cu	Minera JM, S.A. de C.V.

20.- El Tiliche	Sonoyta	Cu, Au	Minera Jerónimo, S.A. de C.V.
21.- La Ventana	San Felipe de Jesús	Pb, Zn	Hochschild Mexico, S.A. de C.V.
22.- Todos Santos	San Pedro de la Cueva	Ag, Pb, Zn	Minera Plata Adelante, S.A. de C.V.
23.- El Ombligo	Suaqui Grande	Au	Extracción de Metales de Suaqui Grande, S.A. de C.V.
24.-La Cruz	Yecora	Cu, Au	Paget Souther Resources S. de R.L. de C.V.
25.- Sierra Pinta	Puerto Peñasco	Au	NWM Mining Corporation
26.- El Tecolote	Trincheras	Cu, Zn, Ag	Azure Minerals LTD
27.- El Antimonio	Caborca	Au, Cu	Urastar Gold Corporation

Fuente: (Secretaría de Economía-Servicio Geológico Mexicano, 2014).

Muy recientemente, el 17 de Julio de 2014, se constituyó el **Clúster Minero de Sonora** que es presidido por el Ing. Xavier García de Quevedo, presidente de Grupo México.

El clúster minero tiene la participación de las principales empresas mineras del estado (40), pero también de cámaras empresariales y organismos representantes de los diferentes sectores emprendedores del estado, instituciones de educación superior, delegados federales, presidentes municipales de las regiones mineras y más de 125 empresas proveedoras de minería.

En el Clúster Minero, se definieron seis grupos de trabajo (L&H Servicios Mineros México, 2014):

- Desarrollo de Proveedores
- Formación de Capital Humano
- Pequeña Minería
- Ecología y Desarrollo Sustentable
- Desarrollo y Atención Comunitaria
- Investigación y Desarrollo Tecnológico

Es importante que se haya incorporado en el diseño del clúster una comisión de investigación y desarrollo, pues a la fecha no se tiene registro de programas empresariales orientados al desarrollo de innovaciones en el estado.

3.4 Apoyos en el área de especialización

3.4.1 Entidades y programas gubernamentales que apoyan el área de especialización

Dentro de las entidades gubernamentales federales involucradas en actividades mineras y apoyo al sector en México se encuentran:

- **La Secretaría de Economía (SE):** La Ley Minera establece que es atribución de la Secretaría de Economía elaborar y dar seguimiento al Programa Sectorial de Minería, le corresponden las siguientes atribuciones en materia minera: formular y conducir la política nacional en materia minera; fomentar el aprovechamiento de los recursos minerales, así como llevar el catastro minero y regular la explotación de salineras ubicadas en terrenos de propiedad nacional y en las formadas directamente en las aguas de mar; otorgar concesiones, asignaciones, permisos y autorizaciones en los términos de la Ley Minera. Ante esta Secretaría se tramitan las concesiones mineras, así como el registro de inversiones extranjeras
- El **Servicio Geológico Mexicano (SGM):** es un organismo público descentralizado del Gobierno Federal con personalidad jurídica y patrimonio propios, regido por la Ley Minera y adscrito sectorialmente a la Secretaría de Economía a través de la Coordinación General de Minería. Tiene la responsabilidad de explorar las riquezas mineras nacionales, y proveer a la industria minera de los elementos para facilitar la exploración, identificación y cuantificación de los recursos minerales del territorio mexicano, para ello cuenta con la infraestructura geológica minera para generar información y ponerla a disposición de todo público (Secretaría de Economía-Sistema Geológico Mexicano, 2014).

- **Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI):** Es una institución del gobierno federal cuyo objeto es fomentar y promover el desarrollo de la minería nacional. Realiza sus funciones ofreciendo financiamiento, capacitación y asistencia técnica para la pequeña y mediana minería.
- La **Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT):** encargada de la regulación ambiental, fomento a la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales (Secretaría de Economía, 2013). Esta Secretaría evalúa el impacto ambiental de las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales.
- La **Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA):** Autoriza y supervisa la compra, almacenamiento y consumo de material explosivo en la industria de la minería (Secretaría de Economía, 2013).
- La **Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU):** Encargada de procesos relacionados con la tenencia de la tierra (Secretaría de Economía, 2013).
- La **Coordinación General de Minería a través de la Dirección General de Desarrollo Minero:** Genera información minero – metalúrgica para coadyuvar en la toma de decisiones, acervo documental disponible a todo el público. Administra el registro actualizado de las inversiones y proyectos de compañías mineras mexicanas con inversión extranjera directa (Secretaría de Economía, 2013).
- La **Secretaría de Economía del Estado de Sonora:** Organismo estatal encargado de la definición de la política de desarrollo y el impulso de los sectores estratégicos (Secretaría de Economía del Estado de Sonora). El sector minero ha sido definido como estratégico, por lo que se cuenta con los siguientes programas: impulso a la minería; asesoría técnica, geológica y minera; cursos de capacitación a mineros; y apoyo a empresas con acciones de gestión minera.

- El **Consejo de Minería del Estado de Sonora**: La Ley de Fomento Minero para el Estado de Sonora establece (22 de noviembre de 2007) la creación del Consejo de Minería del estado de Sonora como un órgano colegiado de asesoría y consulta conformado por representantes del sector privado y académicos que coadyuven en la planeación, coordinación y evaluación de las políticas de promoción y fomento minero (Secretaría de Economía, 2006-2012).

3.4.2 El Programa de Desarrollo Minero 2013-2018

En el Diario Oficial de la Federación el 9 de mayo de 2014 se publicó el Programa de Desarrollo Minero 2013-2018 “con el objeto de establecer las bases para promover mayores niveles de inversión y competitividad en el sector minero, procurar el aumento del financiamiento en el sector minero y su cadena de valor, fomentar el desarrollo de la pequeña y mediana minería y la minería social, y modernizar la normatividad institucional para el sector y mejorar los procesos de atención a trámites relacionados con las concesiones mineras”.

El programa establece estrategias que se ilustran en la Tabla 15.

Tabla 15. Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Minero 2013-2018

Objetivos	Estrategias
Promover mayores niveles de inversión y competitividad en el sector minero	Promover a México como destino de inversión minera. Promover la diversificación en la exploración y aprovechamiento de minerales, favoreciendo los de interés industrial. Incrementar la calidad de la información de los proyectos mineros a concursar por el SGM. Generar y proveer información geológica, geofísica y geoquímica para impulsar la inversión en el sector minero.

	<p>Promover proyectos mineros como opciones específicas de inversión.</p> <p>Alinear los programas e instrumentos de la SE y de otras dependencias a los requerimientos del sector minero</p>
<p>Procurar el aumento del financiamiento en el sector minero y su cadena de valor.</p>	<p>Incentivar el desarrollo y la consolidación de la proveeduría al sector minero.</p> <p>Detonar proyectos mineros de gran impacto.</p> <p>Promover el financiamiento de proyectos de preservación ambiental en el sector minero e impulso a nuevas tecnologías.</p> <p>Apoyar financieramente la comercialización de minerales y concentrados.</p> <p>Promover financiamiento a plantas de beneficio y centros de acopio.</p>
<p>Fomentar el desarrollo de la pequeña y mediana minería y minería social</p>	<p>Realizar actividades de exploración y evaluación de proyectos para apoyar a la pequeña y mediana minería y la minería social.</p> <p>Ofrecer financiamiento a proyectos para la explotación de los recursos minerales cuantificados.</p>
<p>Modernizar la normatividad institucional para el sector y mejorar los procesos de atención a trámites relacionados con las concesiones mineras.</p>	<p>Simplificar los trámites registrados en el Registro Federal de Trámites y Servicios relativos a la actividad minera.</p> <p>Modernizar la atención de trámites relativos a la actividad minera.</p>
<p>Democratizar la productividad (PND 2013-2018)</p>	<p>Promover el financiamiento de proyectos de preservación ambiental en el sector minero e impulso a nuevas tecnologías.</p>

	<p>Otorgar asistencia técnica y capacitación especializada a PYME mineras.</p> <p>Otorgar asistencia técnica y capacitación especializada a PYME mineras.</p> <p>Realizar actividades de exploración y evaluación de proyectos para apoyar la pequeña y mediana minería, así como la minería social.</p> <p>Ofrecer financiamiento a proyectos para la explotación de los recursos minerales cuantificados.</p>
--	---

Fuente: CambioTec, 2014 con base en (SEGOB, 2013).

3.4.3 Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018

Este programa identifica la minería como uno de los sectores maduros en el que hay que poner énfasis en la reducción de costos y la diferenciación de sus productos para impulsar su competitividad. Los objetivos y estrategias desplegados por este programa se ilustran en la Tabla 16.

Tabla 16, Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018

Objetivos	Estrategias
<p>Desarrollar una política de fomento industrial y de innovación que promueva un crecimiento económico equilibrado por sectores, regiones y empresas.</p>	<p>Impulsar la productividad de los sectores maduros.</p> <p>Incrementar la competitividad de los sectores dinámicos.</p> <p>Atraer y fomentar sectores emergentes.</p> <p>Incentivar el desarrollo de proveeduría para integrar y consolidar cadenas de valor que coadyuven a la creación de clústeres.</p> <p>Disminuir el costo logístico de las empresas.</p>

	<p>Promover la innovación en los sectores, bajo el esquema de participación de la academia, sector privado y gobierno (triple hélice).</p> <p>Alinear programas e instrumentos de la Secretaría y de otras dependencias a los requerimientos de los sectores.</p>
<p>Instrumentar una política que impulse la innovación en el sector comercio y servicios, con énfasis en empresas intensivas en conocimiento.</p>	<p>Aprovechar los servicios intensivos en conocimiento como fuente de productividad y diversificación de exportaciones.</p> <p>Contribuir al desarrollo del sector comercio.</p> <p>Dinamizar la movilización de los servicios</p> <p>Facilitar el desarrollo del ecosistema de economía digital.</p> <p>Incrementar las competencias y habilidades de talento en el sector comercio y servicios.</p> <p>Promover la innovación en el sector servicios bajo el esquema de participación academia, sector privado y gobierno (triple hélice).</p> <p>Alinear los programas e instrumentos de la Secretaría y de otras dependencias a los requerimientos del sector servicios.</p>
<p>Impulsar a emprendedores y fortalecer el desarrollo empresarial de la MIPYME y los organismos del sector social de la economía.</p>	<p>Impulsar una cultura emprendedora a través de un ecosistema de fomento a emprendedores y MIPYME.</p> <p>Desarrollar las capacidades y habilidades gerenciales.</p> <p>Impulsar el acceso al financiamiento y al capital.</p> <p>Promover la adopción de tecnologías de la información y la comunicación en los procesos productivos.</p> <p>Diseñar e implementar esquemas de apoyo para consolidar a los emprendedores y fortalecer a las MIPYME.</p> <p>Incrementar las oportunidades de inclusión productiva y laboral en el sector social de la economía.</p> <p>Contribuir al fortalecimiento del sector de ahorro y crédito popular.</p>

<p>Promover una mejor competencia en los mercados y avanzar hacia una mejora regulatoria integral</p>	<p>Promover la eficiencia de los mercados de bienes y servicios. Fortalecer el clima de inversión y eliminar sus inhibidores. Promover una reforma regulatoria integral con los tres órdenes de gobierno que facilite el cumplimiento y tránsito a la formalidad. Optimizar las transacciones de comercio exterior dentro de un esquema de facilitación comercial. Conciliar la economía de mercado con la defensa de los derechos del consumidor.</p>
<p>Incrementar los flujos del comercio exterior y de inversión así como el contenido nacional de las exportaciones.</p>	<p>Acceder a nuevos mercados de exportación y consolidar los mercados en los que se dispone de preferencias comerciales. Salvaguardar los intereses comerciales y de inversión de México en los mercados globales. Fortalecer vínculos comerciales y de inversión con regiones que muestren un crecimiento dinámico e incentivar la internacionalización de empresas mexicanas. Intensificar la actividad exportadora a través de estrategias de fomento y promoción. Articular e implementar un esquema integral para atraer IED.</p>

Fuente: CambioTec, 2014 con base en (SE, s.f.)

4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

De acuerdo con la retroalimentación recibida del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, se identificaron los siguientes desafíos:



Adicionalmente, con base en la revisión documental y las entrevistas y el taller de consulta que se realizaron para esta área de especialización, se presenta a continuación el análisis FODA realizado con la perspectiva de la capacidad para realizar innovaciones en el sector.

4.1 Fortalezas

- Gran experiencia de la industria en exploración y explotación.
- Presencia de empresas globales de minería que invierten en prospección y explotación de yacimientos.
- Gran riqueza de recursos minerales aún por explotar.
- Carácter estratégico del área de especialización asignado en el plan de desarrollo del estado.
- Existencia de programas de impulso y de atracción de inversiones a la minería.
- Presencia de IES y de formación técnica como fuente de recursos humanos para la industria.
- Existencia de empresas locales con capacidades para suministrar algunos insumos y servicios a la industria.
- Creación del clúster.

4.2 Oportunidades

- Necesidades de reparación y mantenimiento que no pueden esperar a la llegada de técnicos del extranjero, lo cual representa una oportunidad para la proveeduría local.
- Gran cantidad de explotaciones nuevas en el estado.
- Necesidad de desarrollar elementos de seguridad y sustentabilidad.
- Apoyo institucional debido a la relevancia de la Industria Minera a nivel estatal y nacional.
- Surgimiento de innovaciones tecnológicas para los diferentes procesos de la industria.
- Crecimiento de los recursos federales para investigación e innovación.

4.3 Debilidades

- Baja integración de operaciones en la cadena de valor de la industria.
- Escaso desarrollo de proveedores por parte de las empresas tractoras que operan en el área.
- Insuficiente disponibilidad de profesionales calificados para esta industria (geólogos; ingenieros de minas, químicos, ambientales, mecánicos, electricistas y electrónicos; biólogos y químicos).
- Dependencia tecnológica de la industria.
- Falta de agregación de valor a los minerales a nivel local.
- Falta de inversiones en investigación y desarrollo por parte de las empresas del sector.
- Procesos de alto consumo hídrico en la industria.
- Procesos ineficientes en el aprovechamiento energético.
- Falta de centros de investigación con interés en el área de minería.
- Escasa vinculación de las instituciones académicas con el sector productivo.

4.4 Amenazas

- Opinión pública desfavorable por los problemas de contaminación generados por la industria.
- Nueva estructura fiscal que afecta los costos de la industria.
- Introducción de regulaciones más estrictas que impactan los costos de producción del sector y dificultan sus operaciones.
- Conflictos por tenencia de la tierra y utilización del agua.
- Volatilidad de las inversiones en función de los precios de los minerales.

5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

La integración de la Agenda Sectorial de Innovación en Minería de Sonora se sustenta en la metodología de Estrategias de Investigación e Innovación para la Especialización Inteligente (*RIS3*, por sus siglas en inglés). La implementación de "*RIS3*" propone integrar agendas para la transformación económica basada en las características y oportunidades del territorio, ello precisa que contengan los siguientes elementos:

1. Se centran en el apoyo de la política y las inversiones en las prioridades, retos y necesidades clave del país o región para el desarrollo basado en el conocimiento.
2. Aprovechan los puntos fuertes, ventajas competitivas y potencial de excelencia de cada país o región.
3. Respaldan la innovación tecnológica, así como la basada en la práctica y, aspiran a fomentar la inversión del sector privado.
4. Involucran por completo a los participantes y fomentan la innovación y la experimentación.
5. Se basan en la evidencia e incluyen sistemas sólidos de supervisión y evaluación.

La metodología "*RIS3*" establece las bases para la especialización inteligente con base en las llamadas 4 *C's* (FUMEC, 2014), por las siglas en inglés para:

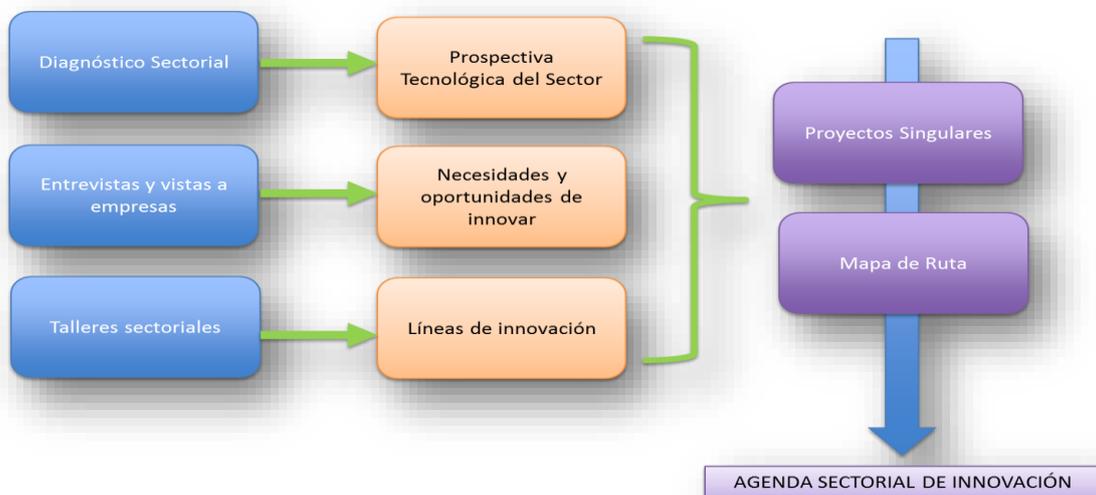
- *Choices*: elección de un número limitado de sectores estratégicos.
- *Competitive advantage*: la ventaja competitiva respecto de las capacidades de I+D+i alineadas a oportunidades de negocio en la región.
- *Connectivity and clusters*: identificar y fomentar la colaboración de sectores.
- *Collaborative*: basado en el concepto de cuádruple hélice.

En la construcción de la Agenda Sectorial de Innovación en Minería de Sonora, se aplicaron las 4 C's para la especialización inteligente, mediante una estrategia de trabajo que integró investigación documental y análisis de información primaria obtenida a través de la realización de visitas a empresas, entrevistas y talleres con actores sectoriales, representantes de los sectores: gobierno, empresarial y académico.

La información preliminar recabada permitió identificar las necesidades tecnológicas del sector y, a partir de la revisión sobre prospectiva tecnológica para la Minería en el mundo, se propusieron las líneas de innovación sobre áreas de especialización identificadas para el sector de Minería en Sonora.

Finalmente, con el análisis de resultados de la información de campo y la priorización de las líneas de innovación, se perfilaron proyectos específicos que integrarán la agenda de trabajo en el tiempo, para lograr la especialización inteligente en las áreas seleccionadas para la Minería en Sonora.

Ilustración 20. Esquema de la metodología de trabajo para integrar la Agenda Sectorial.



Fuente: CambioTec, 2014

Con base en el análisis presentado, se propuso el siguiente objetivo estratégico para la agenda sectorial de innovación:

“Contribuir al impulso de un desarrollo de la actividad minera que permita aprovechar las riquezas naturales de Sonora de forma sustentable, contribuyendo a la generación de empleos, divisas y oportunidades de proveeduría.”

En cuanto a objetivos específicos, se enuncian los siguientes:

- Desarrollar proveedores confiables de piezas, equipo, herramientas y servicios para la industria minera.
- Generar capacidades de investigación y desarrollo para ofrecer soluciones a problemas específicos de la industria minera del estado.
- Fortalecer la formación de capital humano para la industria.

6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

La metodología empleada para la identificación de los nichos de especialización de minería se basó en los siguientes elementos:

- a) Entrevistas a profundidad con actores claves de la región, entre los que se encuentran: mineros y académicos. Esto sirvió al grupo de trabajo para tener información de primera mano de la situación minera en la entidad.
- b) Panel de expertos, el cual fue conformado invitando a expertos en la minería y mineros con la finalidad de obtener información más detallada de las necesidades en lo que a tecnologías se refiere, así mismo, sirvió para identificar las habilidades y competencias del capital humano regional.

- c) Taller con la participación del sector académico, empresarios mineros, consultores y sector gubernamental, esto con el fin de mostrar, complementar y validar la información recabada previamente.

Con los resultados de las actividades descritas, se identificaron los siguientes nichos de especialización que impactan transversalmente el quehacer del área minera sonorense.

- **Metalmecánica y procesos**
- **Sustentabilidad**
- **Prospección y exploración de yacimientos**

6.1 Metalmecánica y procesos

De acuerdo con las reuniones con el Grupo Consultivo el nicho de metalmecánica y procesos surge de la necesidad de desarrollar y adaptar tecnologías para resolver problemas que se encuentran asociados a los procesos de la industria.

Las actividades en el área de metalmecánica se relaciona con los requerimientos de piezas, herramientas y materiales necesarios para la explotación minera, al respecto se refiere básicamente a la fabricación local y montaje de equipos como tanques de almacenamiento, tubería, bombas, compresores, molinos, quebradoras, cintas transportadoras, etc. así como piezas de desgaste y herramientas.

Otra gran vertiente para la metalmecánica en minería es la consistente en el diseño, fabricación e instalación de maquinaria, equipo y servicio a los pequeños mineros.

Por otro lado también es importante delinear un modelo de procesos que incluya el apoyo a la industria en el modelamiento, análisis, visualización y optimización del transporte; la automatización minera; sistemas de seguridad basados en redes de instrumentos y sensores; uso de simuladores para capacitación; diseño de procesos para

gestión ambiental consistente en las pruebas y revisiones en laboratorio de flotabilidad y lavado; destrucción de cianuro y lixiviación de tiosulfato; tecnologías de precipitación y neutralización; reciclado del agua de los procesos; servicios de tratamiento de aguas y precipitación de sedimentos de alta densidad; pruebas y ensayos predictivos de drenaje de roca ácida; estrategias para el reciclado de artículos de alta tecnología, como paneles solares; estrategias de separación por fases, metales y minerales, entre otros.

6.2 Sustentabilidad

La sustentabilidad se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrenta México en materia de desarrollo sustentable es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. Entre los factores clave del desarrollo sustentable, se encuentra el crecimiento poblacional, la demanda energética, el cambio climático, la escasez de recursos y del agua, y el manejo de residuos (ProMéxico, 2014). El nicho de sustentabilidad surge ya que la necesidad de aportar soluciones para disminuir el impacto que las actividades mineras generan sobre el medio ambiente es latente.

6.3 Prospección y exploración de yacimientos

En este rubro destaca la necesidad de desarrollo de técnicas:

- Indirectas como son el uso sensores remotos, geofísica y tecnologías satelitales de posicionamiento.
- Directas como el desarrollo de equipos de precisión manuales que ayuden en la determinación de contenidos metálicos o tipo y grado de alteración en campo;

nuevos procesos de análisis de laboratorio más precisos y rápidos; desarrollo de herramientas y equipos de muestreo más eficientes y rápidas; desarrollo de nuevas técnicas para levantamientos geológicos y geoquímicos; y desarrollo de la informática que permite utilizar toda la información obtenida rápida y eficientemente.

7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS Y PLAN DE PROYECTOS

Los proyectos estratégicos se caracterizan por contribuir al desarrollo de un nicho de especialización o de estructuración, atendiendo una demanda estatal o regional. Su ejecución debe vincular a varias instituciones, así como puede implicar un alto volumen de recursos financieros.

A continuación se presenta la descripción de los proyectos que a partir de la consulta sectorial y del análisis realizado se plantearon, así como, la ilustración general del mapa de ruta respectivo, por cada Nicho en el Área de Especialización en Minería de Sonora.

7.1 Descripción de proyectos

7.1.1 Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería

Objetivo.

Desarrollar y adaptar tecnologías para resolver problemas concretos asociados a los procesos de la industria y reforzar la cadena de proveeduría local mediante insumos de conocimiento especializado.

Objetivos específicos.

- Establecer un centro de desarrollo tecnológico de la industria minera que ofrezca servicios tecnológicos y de investigación para empresas de la cadena de valor de la minería.
- Fortalecer las capacidades de empresas proveedoras de insumos, piezas, equipo y servicios de mantenimiento para la industria minera, privilegiando elementos de calidad y confiabilidad derivados de la incorporación de conocimientos especializados.
- Ampliar las capacidades de investigación fomentando la vinculación de la industria con las instituciones académicas, basada en la realización de proyectos cooperativos de desarrollo.

Justificación.

La Industria Minera del estado de Sonora es la más importante en el territorio nacional, pese a ello, no cuenta con un centro de investigación y desarrollo que provea de soluciones tecnológicas a esta área de especialización. El clúster de Minería ha contemplado entre sus actividades a la investigación y el desarrollo tecnológico, por lo que es urgente y necesaria la creación de una organización específica, con infraestructura, recursos humanos calificados y un programa de trabajo adecuado para hacer contribuciones en las actividades relevantes para la industria (ver Tabla 17).

Además, la creación de un centro de este tipo ha sido una recomendación clara por parte de los participantes en la consulta para la elaboración de esta agenda sectorial.

Descripción.

Se trata de la creación de un centro de desarrollo tecnológico con una inversión mixta entre los sectores público y privado. Se propone que el proyecto pueda ser coordinado por el ITSON en colaboración con el clúster Minero, con la participación de otras IES, CI

y empresas, a manera de asegurar que el centro responda a las demandas reales de la industria.

Se busca que el centro tenga las siguientes funciones:

- Proveer servicios tecnológicos especializados a empresas mineras y sus proveedores en los nichos de especialización presentados en la Tabla 17.
- Realizar investigación contratada para proyectos presentados por las empresas.
- Ofrecer servicios de capacitación especializada para ingenieros y técnicos de la industria.
- Actuar como promotor de vinculaciones de las empresas con instituciones de educación superior para la realización de investigaciones cooperativas, formación y capacitación de recursos humanos.
- Realizar estudios de interés para la industria relacionados con prospectiva tecnológica, comportamiento de mercados y cambios normativos.

El financiamiento de los proyectos debe provenir de las propias empresas, las cuales podrán recurrir a fuentes como el PEI, FINNOVA e INADEM.

En cuanto al financiamiento del centro, éste puede provenir de las siguientes fuentes:

- Plan de negocios y proyecto ejecutivo: FOMIX Sonora y clúster de minería.
- Construcción y equipamiento inicial del centro: INADEM, FIT y clúster de minería.

Tabla 17. Líneas de trabajo del Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería.

Nichos de especialización	Líneas de Innovación
Sustentabilidad energética	Desarrollo de fuentes de energía alternativas.
Tecnologías de la Información y Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas de automatización de los procesos. • Desarrollo de sistemas de simulación para la optimización de procesos.

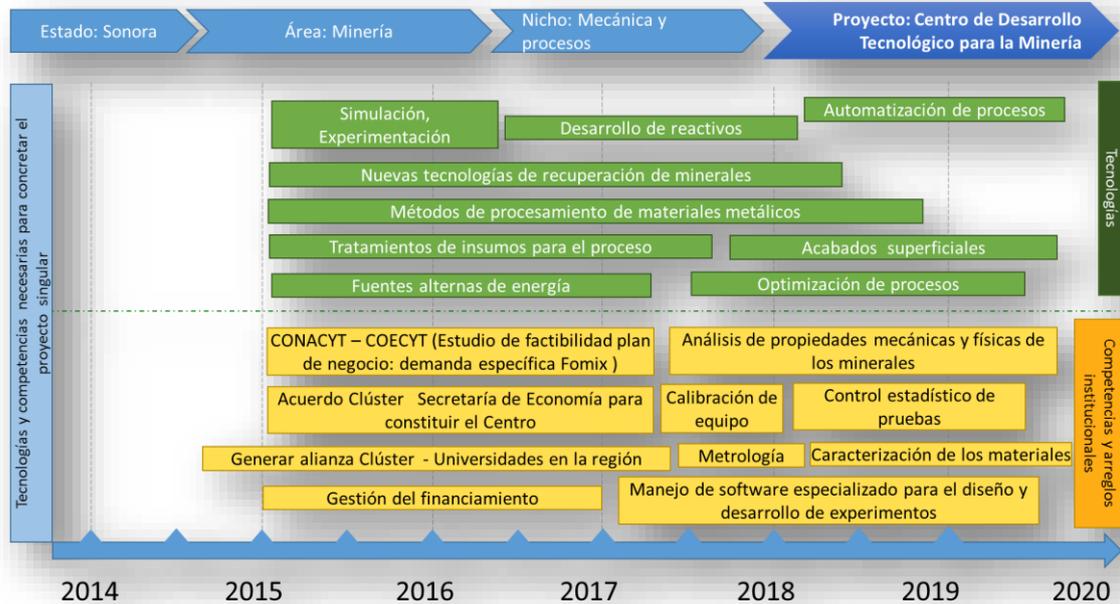
	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas de sensado para el monitoreo de áreas remotas y de alto riesgo. • Desarrollo de sistemas para la gestión de grandes bases de datos y múltiples variables, que faciliten la toma de decisiones. • Desarrollo de sistemas para la operación de procesos vía remota.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización de los sistemas de tratamiento de agua. • Desarrollo de tecnologías para reducir los consumos de agua.
Electrónica	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas de automatización de los procesos. • Desarrollo de sistemas para el monitoreo y control de procesos, maquinaria y equipo vía remota. • Desarrollo de plataformas centralizadas de operación y control.
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nuevos sistemas de enlainado de molinos. • Desarrollo de nuevos métodos de enclado de suelos. • Optimización de los sistemas de anclaje. • Desarrollo de centros de capacitación y formación de recursos humanos especializados. • Desarrollo de sistemas de tratamiento de acero y de fabricación de insumos para las operaciones de molienda.
Química	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de las capacidades para la fabricación y síntesis de compuestos químicos, necesarios para las operaciones de concentración. • Optimización de los sistemas de tratamiento de agua. • Optimización de los sistemas de fundición y concentración. • Desarrollo de centros tecnológicos y de capacitación especializada en el área de metalúrgica.
Ingeniería Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo y asimilación de sistemas de diagnóstico y monitoreo de impacto ambiental. • Desarrollo e implementación de sistemas de gestión de residuos y minerales procesales.

Fuente: CambioTec, 2014

Los factores críticos de éxito considerados para este proyecto son:

- Operar en colaboración con universidades locales con experiencia y capacidades de investigación.
- Gestión efectiva del financiamiento del proyecto en sus diferentes fases, con aportes privados y apoyo proveniente de recursos públicos.
- Atraer la colaboración de las instituciones de educación superior para formar una red.
- Definir una cartera de servicios tecnológicos y de investigación en consenso con las empresas.
- Nombrar a un grupo directivo con experiencia técnica, redes de relaciones y capacidad de gestión.
- Atraer personal altamente calificado.
- Establecer un conjunto de indicadores y un cuadro de mando para su monitoreo.
- Evaluación del centro por parte de sus clientes empresariales.
- Establecer una meta de autofinanciamiento por venta de servicios a mediano plazo.

Ilustración 21. Mapa de ruta para el Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería.



Fuente: CambioTec, 2014

7.1.2 Red de investigación sobre gestión del agua en la minería

Objetivo.

Establecer una red interinstitucional de investigación con el fin de aportar soluciones para el manejo integral del agua en las actividades mineras.

Objetivos específicos.

- Desarrollar proyectos de investigación relacionados con el manejo del agua en todas las fases del ciclo productivo de una mina.
- Ofrecer tecnologías para el ahorro, reuso, tratamiento y remediación de agua utilizada en las explotaciones mineras.

- Contar con un sistema de monitoreo de aguas en las diversas regiones mineras del estado.
- Ofrecer capacitación especializada en gestión del agua.

Justificación.

La gestión integral del agua es esencial para la operación eficiente, sustentable y segura para la explotación minera. Un enfoque holístico es el que permite responder los cuestionamientos asociados al uso del agua en todas las fases de la actividad minera, lo cual reduce la probabilidad de accidentes y conflictos.

Esto es un aspecto muy importante, sobre todo a partir del evento reciente de contaminación de ríos por un problema de manejo en una mina. La respuesta más efectiva debe surgir de las capacidades de investigación y de la introducción de tecnologías más avanzadas y confiables para la evaluación, simulación, manejo y mitigación de impactos del uso del agua en la minería.

Descripción.

Se trata de establecer una red en la que participen las instituciones de educación superior, centros de investigación y empresas prestadoras de servicios para potenciar la capacidad de investigación y asistencia tecnológica en esta área.

Se propone que la Universidad de Sonora coordine la red y que participen todas las instituciones de educación superior, el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) con sus líneas de investigación en materia de electrónica y simulación. Las tecnologías y competencias que se implementen deberán corresponder con lo planteado en la siguiente tabla.

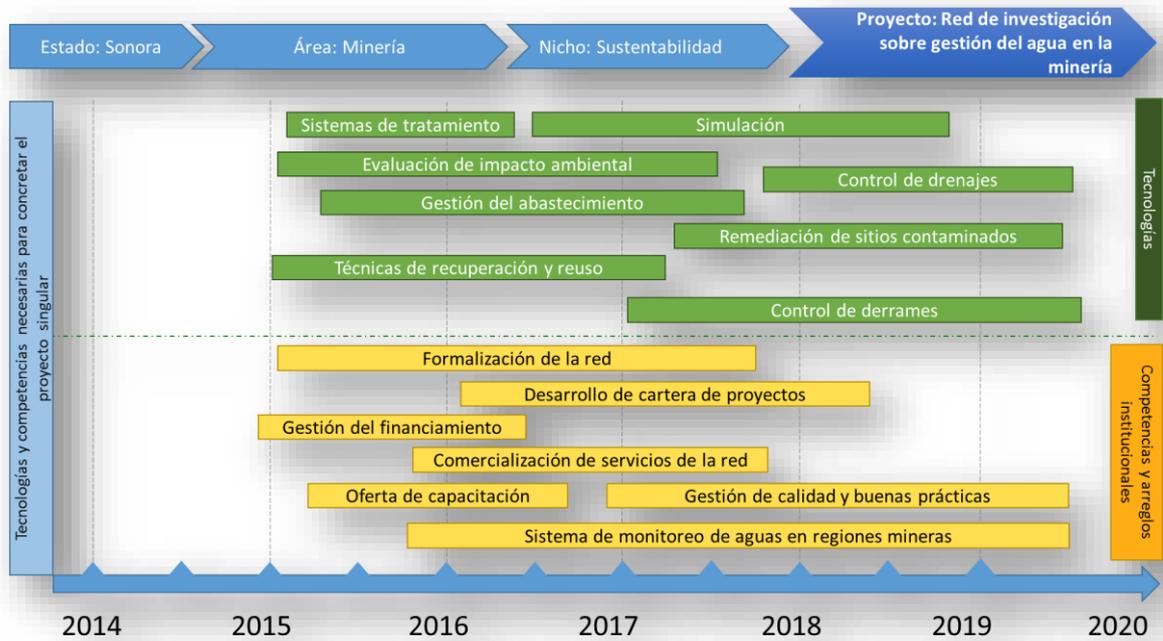
Tabla 18. Tecnologías relevantes para la gestión del agua en la minería

Etapas del ciclo de vida de la mina	Tecnologías para gestión del agua
Exploración	· Abastecimiento temporal de agua
	· Planeación de recursos y usuarios del agua

	<ul style="list-style-type: none"> · Tratamiento de agua potable
	<ul style="list-style-type: none"> · Descargas de aguas bombeadas
	<ul style="list-style-type: none"> · Disposición de efluentes
	<ul style="list-style-type: none"> · Manejo de agua de lluvia
Diseño y desarrollo de recursos	<ul style="list-style-type: none"> · Abastecimiento, identificación y cuantificación de requerimientos de agua
	<ul style="list-style-type: none"> · Evaluación de impacto en el consumo y desvío del agua
	<ul style="list-style-type: none"> · Evaluación de impacto ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> · Cumplimiento de normatividad aplicable
	<ul style="list-style-type: none"> · Almacenamiento y tratamiento del agua
Procesamiento y refinación de minerales	<ul style="list-style-type: none"> · Gestión del abastecimiento
	<ul style="list-style-type: none"> · Tratamiento del agua
	<ul style="list-style-type: none"> · <i>Dewatering</i> de mina
	<ul style="list-style-type: none"> · Recuperación y reuso de agua
	<ul style="list-style-type: none"> · Disposición de efluentes (gestión de descargas)
	<ul style="list-style-type: none"> · Monitoreo y control
Transporte de producto	<ul style="list-style-type: none"> · Control de derrames
Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> · Diseño de drenaje post-abandono
	<ul style="list-style-type: none"> · Remediación de sitios contaminados
	<ul style="list-style-type: none"> · Plan de abandono
Cierre de mina	<ul style="list-style-type: none"> · Monitoreo de rehabilitación
	<ul style="list-style-type: none"> · Control de erosión y mantenimiento de drenaje
	<ul style="list-style-type: none"> · Verificación de la remediación

Fuente: CambioTec, 2014

Ilustración 22. Mapa de ruta para Red de investigación sobre gestión del agua en la minería.



Fuente: CambioTec, 2014

7.2 Proyecto Complementario

Estudio integral de requerimientos de capital humano del área Minera en Sonora y programa de formación y capacitación

Objetivo.

Dotar al clúster Minero y a las instituciones académicas con los mecanismos de información continua que indiquen el tipo, número y perfil de puestos que las compañías mineras y sus contratistas requerirán en los próximos años (preponderantemente un periodo de quince años).

Justificación.

En la entidad existen importantes empresas mineras establecidas, en las que uno de los principales problemas es la falta de capital humano especializado en áreas específicas que cada proyecto y unidad de operación demanda. Es por esto que el proyecto se centra en proporcionar un estudio inteligente de los requerimientos de capital humano, tomando en cuenta los plazos para formar capacidades, cubrir las necesidades de las empresas y ofrecer la infraestructura requerida.

Breve descripción.

A partir de estas definiciones, se estructurará un programa de capacitación, educación continua y formación de profesionales y técnicos que deberá ejecutarse a través de las instituciones educativas presentes en el estado.

Para el desarrollo de este proyecto será fundamental construir acuerdos con las compañías mineras de la región, con el fin de que provean la información sobre las necesidades que surjan en el tema de capital humano especializado, a modo de establecer los perfiles necesarios que presentan mayor demanda y promoverlos en escuelas de nivel medio superior, además de realizar estudios para conocer las tendencias tecnológicas en las principales áreas definidas.

7.3 Matriz de proyectos

Tabla 19. Matriz de proyectos

Proyecto/Tipo de proyecto		Nicho	Descripción
Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería	Estratégico	Metalmecánica y procesos	Desarrollar y adaptar tecnologías para resolver problemas concretos asociados a los procesos de la industria y reforzar la cadena de proveeduría local mediante insumos de conocimiento especializado.
Red de investigación sobre gestión del agua en la minería	Estratégico	Sustentabilidad	Establecer una red interinstitucional de investigación con el fin de aportar soluciones para el manejo integral del agua en las actividades mineras.
Estudio integral de requerimientos de capital humano del área Minera en Sonora y programa de formación y capacitación	Complementario	Transversal a todos los nichos	Dotar a las instituciones académicas de mecanismos de información continua que indique el tipo de puesto, número y perfil de puestos que las compañías mineras y sus contratistas requieran en los próximos 15 años.

Fuente: CambioTec, 2014

8. REFERENCIAS

- Almaden Minerals. (s/f). *Almaden Minerals*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de <http://www.almadenminerals.com/projects.html>
- ANUIES. (2013). *Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior*. Recuperado el 7 de Septiembre de 2014, de <http://www.anuies.mx/>
- Berhe Dolbear. (2014). *2014 Ranking of Countries for Mining Investment: "Where Not to Invest"*. Estados Unidos: Berhe Dolbear.
- Business insight in Latin America. (2014). *Business insight in Latin America*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de http://bnamericas.com/company-profile/es/industrias_Penoles_S,A,_de_C,V,-Industrias_Penoles
- CAMIMEX. (2013). Informe Anual 2013. México: Cámara Minera de México.
- CEFP. (24 de Abril de 2013). Indicadores de la Minería. México: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas.
- CONACYT. (2013). *PROGRAMA DE ESTÍMULOS A LA INNOVACIÓN 2014*. Recuperado el 6 de Abril de 2014, de <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-programa-de-estimulos-a-la-innovacion/avisos-programa-de-estimulos-a-la-innovacion/2745-sectores-estrategicos-2014/file>
- Dijk, B. V. (2014). *Bureau Van Dijk*. Recuperado el 14 de Abril de 2014, de Company information and business intelligence: <http://www.bvdinfo.com/en-gb/home>
- First Majestic Silver Corp. (s/f). *First Majestic Silver Corp*. Obtenido de <http://www.firstmajestic.com/>
- Gary, M. (2010). *The world Bank's Evolutionary Approach to Mining Sector Reform*. The World Bank, Extractive Industries for Development.
- Gobierno Federal. (2014). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (última reforma publicada DOF-10-02-2014 ed.)*. México: Gobierno Federal.
- González, F. C. (2010). *La pequeña minería de México*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 62.
- Grupo México. (2014). *Grupo México*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de <http://www.gmexico.com.mx/companias/scc.php>

- INADEM-SE. (2014). *SECTORES ESTRATÉGICOS ESTATALES*. Recuperado el 3 de Octubre de 2014, de https://www.inadem.gob.mx/sectores_estrategicos.html
- Industrias Peñoles. (s.f.). *Industrias Peñoles S.A.B. de C.V.* Obtenido de http://www.penoles.com.mx/wPortal/faces/pages_home/Page372cd3d8_13795a7c8b3_7fb9?_adf.ctrl-state=nbtowe55o_4&_afLoop=859401502366777
- INEGI. (2013). *La minería en México 2013. Serie Estadísticas Sectoriales*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (30 de Septiembre de 2014). *ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA MINEROMETALÚRGICA*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2014). *Información Oportuna sobre la Actividad Industrial en México durante Julio del 2014*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estudios Políticos A.C. (2014). *Ley Minera de los Estados Unidos Mexicanos*. (INAC, Ed.) Recuperado el 21 de Abril de 2014, de <http://www.inep.org/Textos/5RepDictadura/1892LMI.html>
- L&H Servicios Mineros México. (11 de Julio de 2014). *Se conoforma "Cluster Minero del Estado de Sonora"*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2014, de <http://www.lyhserviciosmineros.com/Noticias/2014/Nota006.aspx>
- Mancera, C. (2014). *Reformas 2014 al Sector Minero*. México: Reforma Fiscal.
- METSO. (2014). *Metso Corporation*. Recuperado el 2 de Abril de 2014, de http://www.metso.com/corporation/info_eng.nsf/WebWID/WTB-070522-2256F-C9820?OpenDocument#.U1bXdBYzk5g
- Minera Autlán. (2011). *Minera Autlán*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de <http://www.autlan.com.mx/#/compania>
- Minera Camargo S.A. de C.V. (2013). *Minera Camargo S.A. de C.V.* Recuperado el 20 de Junio de 2014, de <http://www.mineracamargo.com/projects/vmsjalisco.html>
- Minera Frisco. (2011). *Minera Frisco*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de http://www.minerafrisco.com.mx/ES/Unidades_mineras/Paginas/minera_Tayahua.asp
- x
- Mining World. (2013). *The global mining equipment market. (10) 2*.
- Monreal, R. (2013). *La Exploración Geológica. EPISTEMUS, 73-77*.
- National Association for Business Economics. (2009). *World Mining Machine. 44 (3)*.

New Energy Connections LLC. (2013). *Mexico Mining Review*. Estados Unidos: N. E. LLC, Ed.

Pit&Quarry. (2014). *Global demand for mining machinery expected to rise*.

Primero Mining. (2013). *Primero Mining*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de <http://www.primeromining.com/Operations/>

ProMéxico (2014). DESARROLLO SUSTENTABLE Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN MÉXICO. ProMéxico. Recuperado el 22 de Enero de 2014, de <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/>

ProMéxico. (2013). *Sector Minero*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014, de Unidad de Inteligencia de Negocios: <http://www.promexico.gob.mx/work/models/mx/Resource/230/1/images/mineria-inversion.pdf>

PwC México. (2013). *Mining Industry Doing business in Mexico*. México: Doing Business.

Refugio, G. (1980). *Panorama de la Legislación Minera en la Historia de México. Anuario* .

Reichl, C. S. (2013). *World Mining Data*. Obtenido de www.wmc.org.pl/ites/default/files/WMD2013.pdf.

SE. (s.f.). *Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018*. Obtenido de Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018: http://www.economia.gob.mx/files/prodeinn/Programa_de_Desarrollo_Innovador2013-2018.pdf

Secretaría de Economía. (2006-2012). *La Minería en Sonora*. Sonora: Secretaría de Economía.

Secretaría de Economía. (2011). *Cadenas Productivas del Sector Minero. Una Guía Metodológica*. México, D.F.: Subsecretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Promoción de Minería, Coordinación General de Minería y Dirección de Fomento y Organización .

Secretaría de Economía. (2012). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. México: Gobierno Federal, Secretaría de Economía, Coordinación General de Minería.

Secretaría de Economía. (2013). *Guía de Procedimientos Mineros*. México: Secretaría de Economía, Gobierno Federal.

Secretaría de Economía. (2013). *Prontuario - Industria Minero Metalúrgica*. México: Secretaría de Economía.

- Secretaría de Economía. (2013). *Sistema de Administración Minera*. Recuperado el 9 de Mayo de 2014, de http://www.siam.economia.gob.mx/es/siam/vv_2012
- Secretaría de Economía del Estado de Sonora. (s.f.). *Principales Minas*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2014, de <http://www.1economiasonora.gob.mx/principales-minas>
- Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano. (2013). *Panorama Minero del Estado de Sonora*. Sonora: Secretaría de Economía, Servicio Geológico Mexicano, Gobierno Federal.
- Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano. (27 de Febrero de 2014). *Empresas con proyectos mineros en México*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/mineria-en-mexico/empresas-mineras.html>
- Secretaría de Economía-Servicio Geológico Mexicano. (2014). *Proyectos mineros con capital extranjero, en Etapa de Desarrollo*. Recuperado el 6 de Junio de 2014, de <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/mineria-en-mexico/proy-desarrollo.html>
- Secretaría de Economía-Sistema Geológico Mexicano. (22 de Agosto de 2014). *¿Qué es el SGM?* Recuperado el 28 de Septiembre de 2014, de http://www.sgm.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=37
- Servicio Geológico Mexicano. (28 de Febrero de 2014). *Datos Económicos y Proyectos Mineros en Sonora, México*. Recuperado el 3 de Abril de 2014, de <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/mineria-en-mexico/364-sonora.html>
- SEGOB. (2013). *ACUERDO por el que se aprueba el Programa de Desarrollo Minero 2013-2018*. México: Secretaría de Gobernación.
- Sjostrom L.S., C. K. (2012). *Mining in the Future- Afully integrated process. (07)*.
- STPS. (11 de Octubre de 2012). Diario Oficial de la Federación. *NOM-023-STPS-2012 - Minas Subterráneas y Minas a Cielo Abierto- Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo*. México: Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- The Economist Intelligence Unit Limited (2013), *In the pits? Mining and metals firms and the slowing of the supercycle*, The Economist, London
- UNAM. (s.f.). *Palacio de Minería. Antecedentes de la Minería*. Recuperado el 2013, de http://www.palaciomineria.unam.mx/historia/epo_colonial.php

MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

