



AGENDA DE INNOVACIÓN DE DURANGO

DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.4 AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN:

Minería

Septiembre 2014

Índice

1.	Introducción	6
1.1	Introducción a criterios de priorización utilizados	6
1.2	Aplicación de criterios para la selección de Áreas de Especialización	6
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.....	8
2.1	Breve descripción del área de especialización	8
2.2	Distribución del área de especialización	13
2.2.1	Contexto Nacional	13
2.2.2	Contexto Estatal	23
2.3	Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial.....	33
2.3.1	Tecnologías empleadas en las actividades de exploración.	35
2.3.2	Tecnologías empleadas en las actividades de extracción.	37
2.3.3	Tecnologías en torno a la sustentabilidad y seguridad.	39
3.	Breve descripción del ecosistema de innovación.....	40
3.1	Mapa de los agentes del ecosistema de innovación	40
3.2	Principales IES y centros de investigación y sus principales líneas de investigación	41
3.2.1	Instituciones de Educación Superior	41
3.2.2	Centros de investigación, clústeres y parques industriales	42
3.2.3	El Programa de Desarrollo Minero 2013-2018.....	48
3.2.4	Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018.....	50
4.	Análisis FODA del área de especialización.....	52
4.1	Fortalezas.....	55
4.2	Oportunidades.....	56
4.3	Debilidades	56
4.4	Amenazas.....	57

5.	Marco estratégico y objetivos del área de especialización	58
6.	Nichos de Especialización	58
6.1	Justificación de las áreas de especialización identificadas.....	59
7.	Caracterización de proyectos	60
7.1	Creación del Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería.	60
7.2	Red de investigación sobre gestión del agua en la minería.	65
7.3	Proyectos Complementarios	68
	Trabajos citados.....	71
	Apéndices	75
	Apéndice A: Mesas sectoriales	75

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Áreas de Especialización en Durango	8
Ilustración 2 Áreas que comprende el sector minero.....	10
Ilustración 3 Cadena de valor de la industria minera.....	11
Ilustración 4 Posición de México en el sector minero, a nivel internacional.....	14
Ilustración 5 PIB minero ampliado* vs PIB nacional (2008 – 2013). Fuente: elaboración propia, con datos del (INEGI, 2013).....	15
Ilustración 6 Empleos del sector minero por entidad federativa (2012). Fuente: (Secretaría de Economía, 2013)	18
Ilustración 7 Producción de metales preciosos en México (miles de toneladas). Fuente: elaboración propia con base en (CAMIMEX, 2013).....	19
Ilustración 8 Ilustración 8. Producción de minerales industriales no ferrosos en México (miles de toneladas). Fuente: elaboración propia con base en (CAMIMEX, 2013).	20
Ilustración 9 Proyectos mineros con capital extranjero, por entidad federativa (2012).....	22
Ilustración 10 Durango. Principales regiones minera. Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011).....	31
Ilustración 11 Cotización anual del oro (Dólares/Onza). Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Economía, 2013).....	33
Ilustración 12 Tendencias tecnológicas en las actividades de prospección y exploración minera. Fuente: elaboración propia.....	35
Ilustración 13 Tendencias tecnológicas en las actividades de extracción de minerales.....	37
Ilustración 14 Distritos mineros del Estado de Durango. Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011).....	46
Ilustración 15 Mapa de ruta. 7.1 Creación del Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería. 65	
Ilustración 16 7.2 Red de investigación sobre gestión del agua en la minería.	68

Índice de tablas

Tabla 1 Inversión para el sector minero 2013 – 2014 (millones de dólares	17
Tabla 2 Entidades federativas en las que la minería es considerada un sector estratégico.	21
Tabla 3 PIB de Durango (Valores a precios corrientes).	23
Tabla 4 Volumen de la producción minera de Durango (Toneladas) 2008-2012. Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011)	25
Tabla 5 Valor de la producción minera de Durango 2008-2012 (Pesos corrientes). Fuente: (Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2013).....	26
Tabla 6 Principales minas de minerales metálicos en explotación localizadas en Durango. Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011)	27
Tabla 7 Principales minas de minerales no metálicos en explotación localizadas en Durango. Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011).....	28
Tabla 8 Evolución de las concesiones mineras en Durango (2006-2013). Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011) ..	32
Tabla 9 Instituciones de educación superior con carreras relevantes para la minería.	41
Tabla 10 Principales empresas mineras de Durango. Fuente. (Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2014)	42
Tabla 11 Principales proyectos mineros de Durango.....	44
Tabla 12 Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Minero 2013-2018.....	48
Tabla 13 Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018	50
Tabla 14 Líneas de trabajo del Centro de Desarrollo Tecnológico.....	62
Tabla 15 Tecnologías relevantes para la gestión del agua en la minería	66

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción a criterios de priorización utilizados

La Agenda Estatal de Innovación de Durango 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, 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 desarrollan las líneas de innovación para fortalecer cada Área de Especialización e impulsar los nichos identificados, mediante la propuesta de proyectos específicos, apoyada en los recursos de la entidad.

La Agenda Sectorial de Innovación de Minería en Durango 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 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.

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).

La participación del Comité de Gestión en la selección de las áreas fue relevante, sobre todo al proponer áreas de especialización que por su trascendencia en la política de desarrollo del estado se les considera como un elemento importante dentro de la Agenda, por ejemplo el manejo integral del agua.

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 Consejo Consultivo.

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

A través de la Agenda Estatal de Innovación, para cada uno de los sectores se hacen recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que ayuden a cerrar las brechas de desventajas en cada una de las áreas de especialización y también a aprovechar cabalmente el potencial existente. Se busca promover un crecimiento inteligente, basado en el conocimiento y la innovación, un desarrollo sustentable, promoviendo una economía verde, eficiente y competitiva y también incluyente, fomentando un alto nivel de empleo y logrando una cohesión económica, social y territorial. Las áreas de especialización inteligente identificadas en Durango son las siguientes:

Ilustración 1 Áreas de Especialización en Durango



Fuente: CamBioTec. 2014.

Para cada área de especialización se hacen recomendaciones para integrar una cartera de proyectos, así como aquellas de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que ayuden a cerrar las eventuales desventajas y aprovechar las oportunidades de desarrollo competitivo.

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. Dependiendo del tipo de material a extraer la minería se divide en metálica,

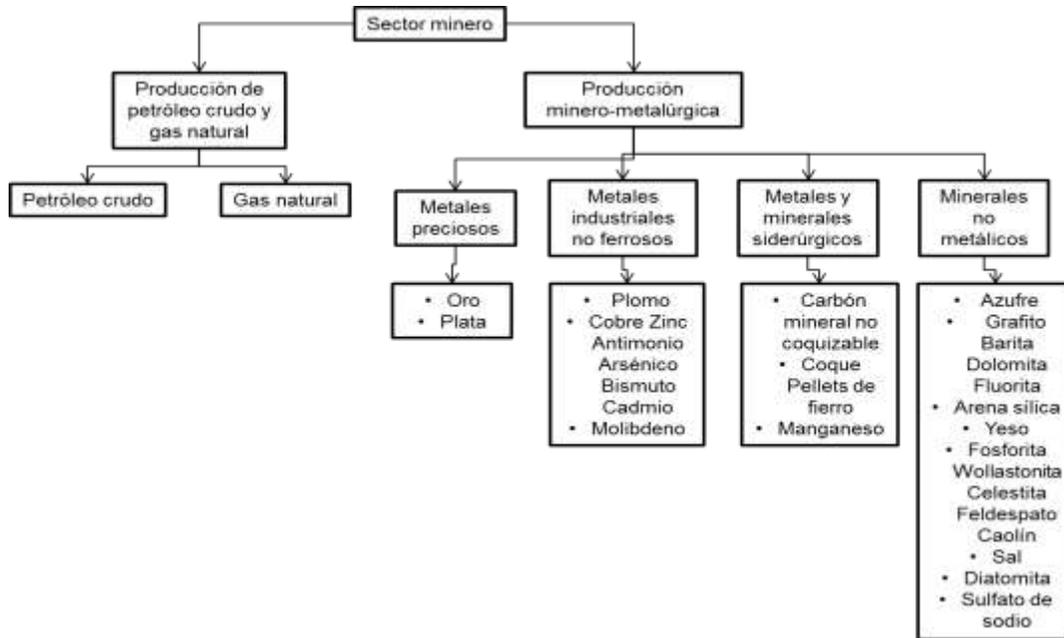
no metálica y rocas de carácter ornamental (rocas preciosas) y de construcción (tales como minerales utilizados en la elaboración de cemento).

La minería incluye un amplio rango de actividades, intereses y responsabilidades que deben ser llevados a cabo para que su proceso sea efectivo y conveniente. La minería es el conjunto de técnicas que el hombre utiliza para extraer los minerales, combustibles (hidrocarburos) y otros materiales de la corteza terrestre.

De acuerdo con 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).

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 2).

Ilustración 2 Áreas que comprende el sector minero.



Fuente: Elaboración propia con base en (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).

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 **pedras preciosas** (diamante, zafiro y rubí).

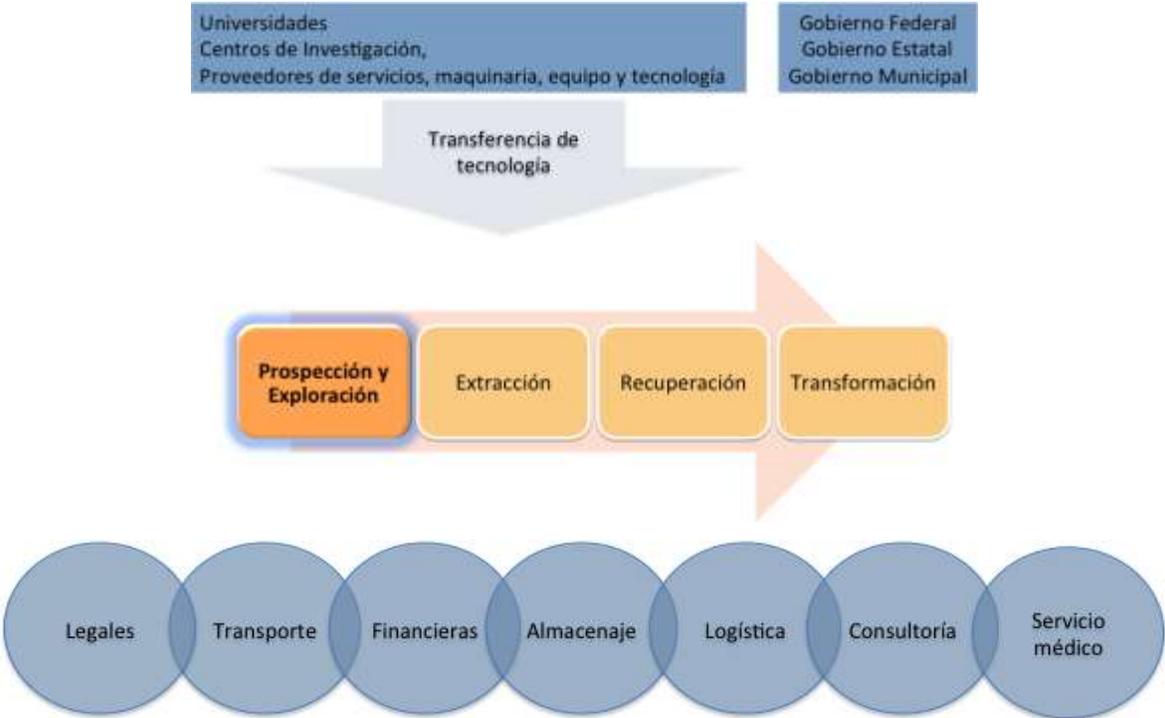
Finalmente, entre los minerales combustibles o fósiles se encuentran: el carbón, coque, antracita, lignita, petróleo, gas natural, las arenas bituminosas, pizarra bituminosa y uranio. Los minerales fósiles representan el 86.5% de la producción total de minerales a nivel global.

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 suele seguir una

secuencia que inicia con las fases de prospección y exploración, a las cuales le siguen la extracción, transformación, comercialización y venta. 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 3) 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 3 Cadena de valor de la industria minera.



Fuente: elaboración propia.

La etapa de prospección consiste en la identificación de las zonas que podrían presentar un yacimiento mineral económicamente extraíble. La exploración consiste en la caracterización del depósito mineral, enfocando así el área de investigación. Las actividades de exploración requieren de la inversión de una gran cantidad de recursos y largos periodos de tiempo (hasta 10 o más años, continuando durante la explotación), desde la identificación de zonas con depósitos minerales, hasta la confirmación de la viabilidad del yacimiento.

Para el desarrollo de las actividades de prospección y exploración 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. Las actividades de explotación y extracción consisten en las obras y los trabajos destinados a la preparación y desarrollo del área que contiene el depósito mineral, así como los encaminados a la obtención de los materiales de una mina.

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

La exploración del subsuelo se lleva a cabo mediante la perforación de pozos o barrenos y se realizan sondeos y mediciones geológicas para conocer la extensión y profundidad del yacimiento, identificando las áreas con mayor ley y volumen de mineral (Monreal, 2013). Durante el proceso de exploración resulta indispensable la aplicación de métodos capaces de abarcar grandes zonas, descartando áreas no favorables con métodos rápidos y económicos para finalmente identificar sitios concretos favorables con métodos más costosos y precisos.

Resulta indispensable el desarrollo de diversos estudios, previo a la explotación de una mina, por ejemplo: estudios geotécnicos de mecánica de rocas y suelos; geológicos, para localizar las fallas y los tipos de rocas; hidrológicos, para evaluar los riesgos de inundación; la interpretación de

imágenes satelitales o aéreas; la detección y medición de radiaciones y el estudio de la química del suelo y agua.

Debido a que las minas pueden ser subterráneas o a cielo abierto, su explotación dependerá del tipo de yacimiento, los cuales determinarán el diseño y la construcción de tiros¹, tajos², galerías³ y rebajes⁴ (STPS, 2012).

El método de extracción depende del producto. Entre los métodos de extracción se encuentran los de tajo abierto, subterráneo y mixto. Los procesos piro-metalúrgicos, hidrometalúrgicos y electrometalúrgicos son procesos de concentración del mineral posteriores a la extracción que hacen uso de calor, compuestos químicos o electricidad, respectivamente. A la etapa de extracción le sigue la fase de refinación, la cual tiene como objetivo eliminar las impurezas del material haciendo uso de calor, compuestos químicos o electricidad (METSO, 2014).

2.2 Distribución del área de especialización

2.2.1 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-metalúrgico. 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).

¹ Tiro. Conducto de una obra minera vertical o inclinada por donde se realizan actividades de ascenso y descenso de trabajadores, materiales y equipos.

² Tajo. Obra minera a cielo abierto para explotar diversos minerales.

³ Galería. Obra que se hace en las minas subterráneas para la extracción de minerales, ventilación, comunicación o desagüe.

⁴ Rebaje. Excavación minera subterránea que se hace ya sea por arriba o por debajo del nivel de una galería.

México representa el quinto destino para actividades de exploración a nivel global y el primero en Latinoamérica. De acuerdo con ProMéxico, el país 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. Asimismo, 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 4).

Ilustración 4 Posición de México en el sector minero, a nivel internacional.

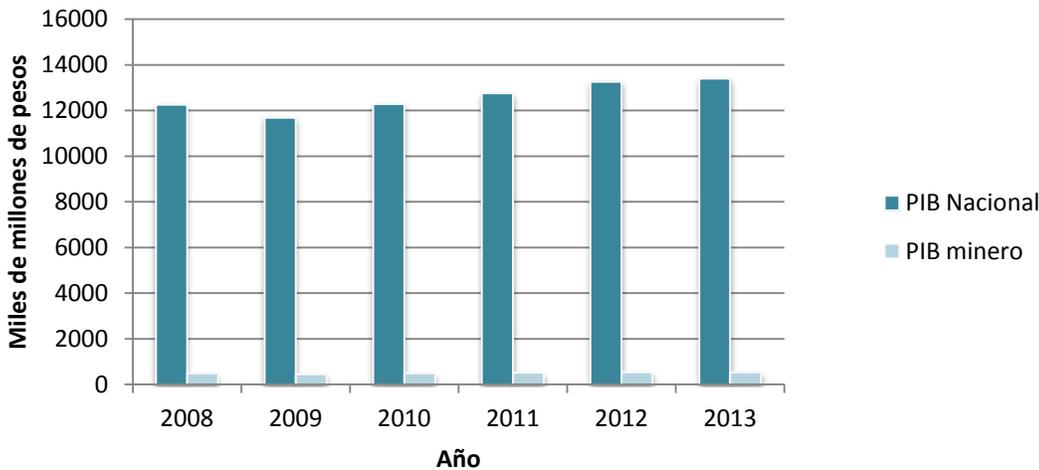
1o	Plata	17.1%
2o	Fluorita Bismuto	17.52% 13.51%
3o	Celestita Wollastonita Sulfato de sodio	8.29% 7.84% 5.48%
4o	Plomo	4.71%
5o	Cadmio Molibdeno Diatomita	7.0%

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 5). Esta cifra se encuentra ligeramente por debajo de la registrada en el 2012 (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. De acuerdo con la CAMIMEX (2014), en 2013, el valor de producción de la industria minero-metalúrgica ascendió a 200 mil 946 millones de pesos (15 mil 626 millones de dólares). Esta cifra representa un retroceso de 14.2% con respecto al mismo periodo de 2012. Este valor, complementado con datos de los minerales no metálicos (no concesibles), ascendió a 21 mil 457 millones de dólares, cifra inferior en 6.8% a la registrada en 2012.

Este comportamiento a la baja está relacionado con las tendencias recientes de la minería mundial. De acuerdo con la Unidad de Inteligencia de Negocios de The Economist (2013), las empresas proveedoras de materias primas están viendo el fin de un ciclo en el que los precios crecieron en virtud de una gran demanda de China y otros mercados emergentes. Después de alcanzar su cima en 2011, los precios de la mayoría de los *commodities* están bajando y también la tasa de crecimiento de las ventas y utilidades de las empresas mineras. Así, proyectos que hace un par de años eran rentables, hoy dejaron de ser viables. Por ello, las empresas mineras están modificando su organización para cortar costos.

“El reciente informe sobre Tendencias Mundiales en Exploración de SNL Metals and Mining revela que todas las empresas redujeron su actividad de exploración de forma pronunciada en 2013 en respuesta a los menores precios de los metales, la incertidumbre en la demanda, así como las desfavorables condiciones del mercado. El resultado fue una disminución de 29% en los presupuestos de exploración de metales no ferrosos en todo el mundo en comparación con el año 2012” (CAMIMEX, 2014).

Ilustración 5 PIB minero ampliado* vs PIB nacional (2008 – 2013). Fuente: elaboración propia, con datos del (INEGI, 2013).



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

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. “En 2013, el sector minero de México observó retrasos, adecuaciones y cierre de proyectos, debido a la caída de los precios de los metales y la inminente aplicación de nuevas cargas fiscales, que obligaron a las empresas del sector a realizar ajustes en sus planes, proyectos y operaciones” (CAMIMEX, 2014)⁵.

La Tabla 1 muestra los niveles de inversión para el periodo 2013- 2014.

⁵ De acuerdo con la Secretaría de Economía cerca de 104 proyectos decidieron “postergar” o ajustaron sus planes de negocio para reactivarlos en un tiempo financieramente razonable. Las principales empresas mineras nacionales señalan que las inversiones comprometidas para el presente año se destinarán a nuevos proyectos (previamente evaluados y aprobados) y a la adquisición de maquinaria y equipo.

Tabla 1 Inversión para el sector minero 2013 – 2014 (millones de dólares)

Empresas afiliadas a Camimex	2013*	2014**
Exploración	708.7	602
Expansión de proyectos	584.1	458.3
Nuevos Proyectos	2010	2390.9
Capacitación y productividad	69.6	61.7
Adquisición de equipo	1322.7	792.1
Medio Ambiente	106.7	185.4
Seguridad y salud en el trabajo	54.9	119.1
Seguridad (Privada)	52.2	41.8
Desarrollo Comunitario	14.4	21.5
Apoyo a comunidades	53.3	51.5
Mantenimiento	400.5	463.6
Otros	454.4	487.6
Subtotal	5831.5	5675.5
NO Socios		
Exploración	153.1	70
Activos	591.2	430
Subtotal	744.3	500
Total Minería	6575.8	6175.5

*Cifras reales

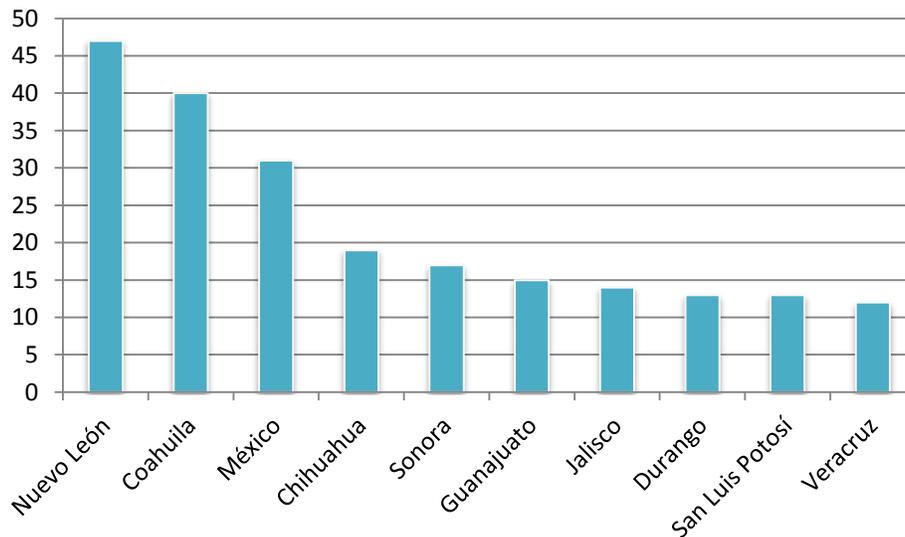
**Cifras proyectadas

Fuente: CAMIMEX

En el 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 (Ilustración 6).

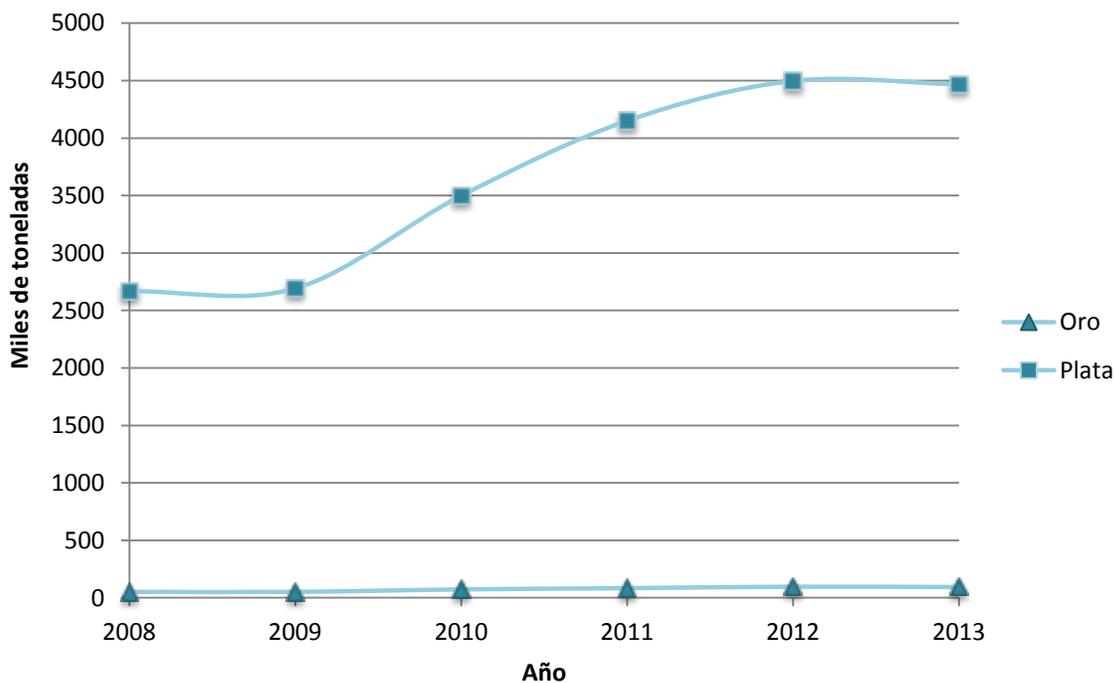
Ilustración 6 Empleos del sector minero por entidad federativa (2012). Fuente: (Secretaría de Economía, 2013)



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).

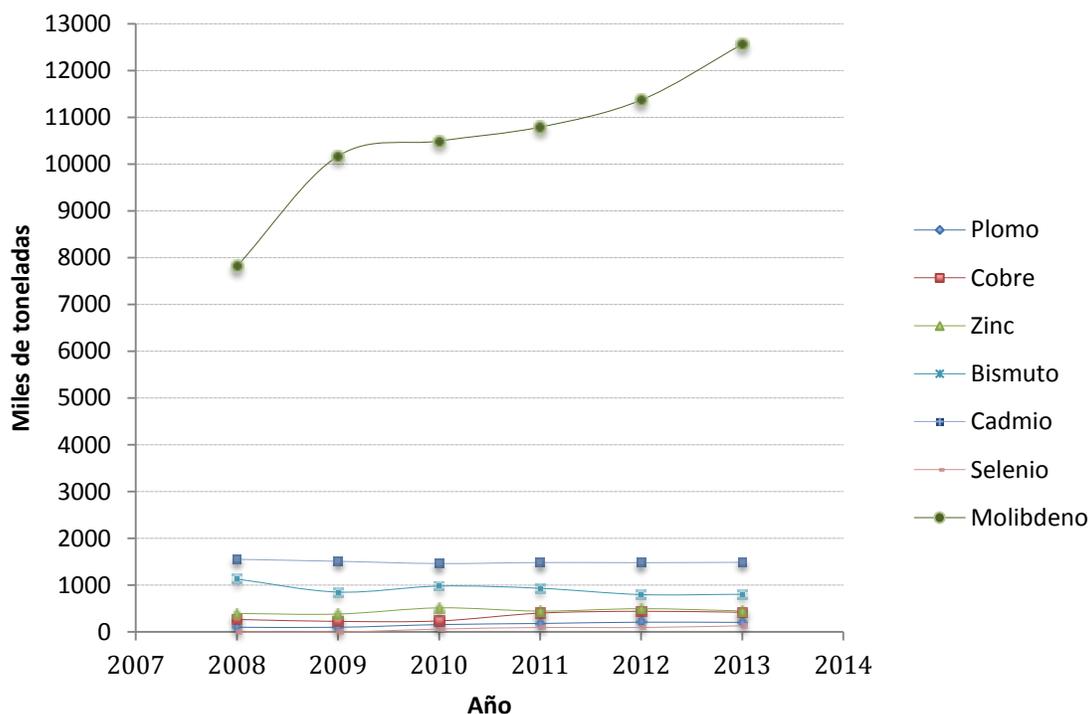
México se distingue por ser el principal productor de plata a nivel global. En el 2013 registró un volumen de 4,46 mil toneladas, con un valor de 59 mil millones de pesos. El oro también se encuentra en los yacimientos del territorio nacional, posicionando a México en el 11º lugar a nivel global (Ilustración 7) (CAMIMEX, 2013).

Ilustración 7 Producción de metales preciosos en México (miles de toneladas). Fuente: elaboración propia 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 (Ilustración 8).

Ilustración 8 Ilustración 8. Producción de minerales industriales no ferrosos en México (miles de toneladas). Fuente: elaboración propia 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 metalmecánico, el cual es estratégico en un gran número de entidades del país (ver Tabla 2).

Tabla 2 Entidades federativas en las que la minería es considerada un sector estratégico.

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

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

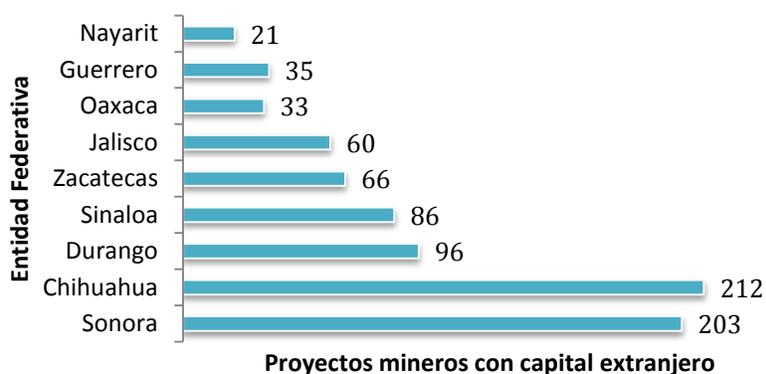
En diciembre del 2012, se tenían registradas 26,071 concesiones mineras, las cuales corresponden a una superficie de 30,872,574.02 hectáreas, lo que representa poco más del 15% de la extensión del territorio nacional (Secretaría de Economía, 2012).

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



Fuente: elaboración propia, 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.

2.2.2 Contexto Estatal

La minería representa un sector estratégico para Durango, en el periodo de 2003 a 2012 éste representó, en promedio, el 3.2% del Producto Interno Bruto del Estado; pero en los últimos tres años la tasa de crecimiento (2010-2012) del PIB minero ha sido de un poco más del 20% en promedio, y dadas sus condiciones geológicas el potencial futuro del sector puede ser mucho mayor. Asimismo, como se observa en la Tabla 3, la participación de Durango en el PIB nacional del sector minero es muy importante (por arriba del 3% en los últimos tres años). La participación de la producción minera de Durango en el total nacional ha mantenido un incremento desde 2008 hasta el 2012, pasando de 5.2% a 6.9% en el periodo indicado.

Tabla 3 PIB de Durango (Valores a precios corrientes).

Año	PIB (millones de pesos)	PIB Minería (millones de pesos)	%Participación del PIB estatal en el PIB nacional	%Participación PIB Minería en el PIB total nacional	% Participación del sector minero en el PIB estatal
2012	185592	8,354	1.23	3.59	4.5

2011	171149	6,577	1.22	3.19	3.8
2010	153985	3,977	1.21	2.8	2.6
2009	144867	3,856	1.25	3.74	2.7
2008	142855	5,111	1.20	5.29	3.6
2007	133110	5,540	1.21	5.9	4.2
2006	121961	4,579	1.21	5.99	3.8
2005	112143	3,308	1.24	5.54	2.9
2004	105885	2,380	1.28	4.87	2.2
2003	96275	1,701	1.32	4.39	1.8

Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2014)

Entre los principales minerales metálicos con los que cuenta el estado se encuentran: plomo (tercer lugar en la producción nacional), plata (tercer lugar nacional), oro (quinto lugar nacional) y fierro (sexto lugar nacional); mientras que de los yacimientos minerales no metálicos destacan los de bentonita (primer lugar nacional), perlita (segundo lugar nacional) y dolomita (quinto lugar nacional).

Debido al incremento de los precios que han alcanzado los metales preciosos, se habían incrementado sustancialmente los trabajos de exploración (ver Tabla 4); como resultado de estas actividades se tienen nuevos datos sobre reservas de minerales metálicos y se han reactivado algunos distritos mineros abandonados. Sin embargo, la situación actual ha cambiado, pues “los precios internacionales de los metales preciosos cayeron casi un 50%, y con el 600% de aumento a los impuestos por la reforma hacendaria, como ya se ha mencionado, casi todas las empresas mineras redujeron su inversión en exploración”⁶.

Durante 2012, de una fuerza laboral total en el país de 328,555 para el sector minero, Durango contribuyó con un 4% (Secretaría de Economía, 2012).

⁶ Comunicación directa del Ing. Sergio Betancourt Arroyo, Docente del Instituto Tecnológico de Santiago Papatziaro

Tabla 4 Volumen de la producción minera de Durango (Toneladas) 2008-2012. Fuente:
(Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011)

Mineral/ Años	2008	2009	2010	2011	2012 *	2013
Metálicos						
Oro (Kg)	7,617.10	8,148.80	7,519.00	7,992	9,480.1 (5)	15,944
Plata (Kg)	432,559.00	450,783.00	455,208.00	541,896	649,054 (3)	727,505
Cobre	1,376.00	1,627.00	1,451.00	5,713	2,426 (7)	2,625
Fierro	473,126.00	422,632.00	452,013.00	783,538	781,964 (6)	1,507,000
Plomo	15,681.00		11,991.00	16,496	19,905 (3)	28,125
Zinc	17,885.00	12,727.00	14,848.00	18,754	22,028 (7)	67,120
No Metálicos						
Agregados Pétreos	-	-	3,892,313	3,622,845	3,427,465 (6)	
Bentonita	292,800	430,000	532,800	536,300	941,800 (1)	
Dolomita	379	-	-	-	621 (5)	
Perlita	30,000	30,000	31,000	30,000	10,950 (2)	
Rocas Dimensionables	430,789.65	263,652.46	1,904,306.06	1,807,234	1,966,225(1)	
Yeso	190,055.00	236,800.00	146,416.13	236,800	240,000 (9)	

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

Tabla 5 Valor de la producción minera de Durango 2008-2012 (Pesos corrientes). Fuente:

(Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2013)

Productos/Años	2008	2009	2010	2011	2012 p/
Total:	6,108,614,637	7,674,824,198	11,332,437,707	17,208,064,394	20,209,269,630
Metálicos					
Oro	2,353,053	3,448,296	3,756,955	5,056,558	6,694,876
Plata	1,867,546	2,882,448	3,763,457	7,627,956	8,551,677
Cobre	112,712	112,166	138,595	619,169	253,596
Fierro	253,377,396	176,783,815	228,871,431	433,102,288	456,237,998
Plomo	252,325	251,873	326,716	489,127	540,375
Zinc	319,333	282,777	405,611	508,718	564,522
No Metálicos					
Agregados Pétreos	-	-	394,868	382,655	374,943
Bentonita	131,420,589	200,683,010	257,537,421	269,896,484	490,887,634
Dolomita	35,123	-	-	-	65,775
Perlita	23,213,446	24,137,341	25,832,346	26,027,755	9,839,285
Rocas Dimensionables	761,101,114	269,879,930	2,018,875,276	1,773,285,512	2,247,777,049
Yeso	17,685,040	25,371,771	15,119,369	21,568,926	24,474,700

Las principales minas de minerales metálicos en explotación se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6 Principales minas de minerales metálicos en explotación localizadas en Durango.

Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011) .

Nombre	Concesionario	Producción T/	Minerales	Municipio
Cerro de Mercado	Cerro de Mercado, S.A. DE C.V. Grupo Acerero del Norte	3,800	Fe	Durango
Tayoltita	Primero Empresa Minera	1600 con expansión a 2000	Barras de oro	San Dimas
El Herrero La Bufa	Minas de Bacís, S.A. DE C.V.	1,500	Au, Ag	Santa María de Otáez
Santa Rita	Minas de Sierra Santa, S.A. DE C.V.	80	Ag	Santa María de Otáez
Ciénega de Nuestra Señora	Minera Mexicana la Ciénega, S.A. DE C.V.	2,500	Au, Ag, Pb, Zn	Santiago Papasquiario
La Parrilla	First Majestic Resources DE MEXICO, S.A. DE C.V.	800	Au, Ag, Pb	Nombre de Dios
Avino	Avino Silver & Gold Mines, INC.	250	Au, Ag	Pánuco de Coronado
Velardeña	ECU Silver Mining	500	Au, Ag.	Cuencamé
Velardeña	Minera William, S.A DE C.V	320	Pb, Zn	Cuencamé
Ampl. La industria	Corporación Minera San Cayetano, S.A. DE C.V.	60	Ag, Pb	Cuencamé
Santa Cruz, El Porvenir	Endeavour Silver Corp	1000	Au, Ag.	Guanaceví

Barradon	Ing. César O. Loera Fragoso	80	Au, Ag, Pb, Zn	Guanaceví
San Rafael	Minas de San Rafel y Fanny, S.A. DE C.V.	140	Au, Ag	Guanaceví
San José Chico	Minas de Minera Garibaldi I, S.A. DE C.V.	20	Au, Ag, Pb, Zn.	Guanaceví
Unidad el Rosario	Great Panther Resources	460	Au, Ag, Pb, Zn.	Topia
Guadalupe de la Brisa	Minera de la Brisa, S.A. DE C.V.	20	Au, Ag, Pb, Zn.	Topia
La prieta	Cía. Minera Dumont, S.A. DE C.V.	25	Ag, Pb, Zn.	Topia
Lluvia de Oro	Cía. Minera Lince, S.A. DE C.V.	100	Au	Pueblo Nuevo
La Platosa	Excellon Resources Inc.	175 -230	Au, Pb, Zn.	Mapimí
Minera de Atocha	Minera de Atocha, S.A.DE C.V.	600	Ag, Pb, Zn,C u	Tepehuanes

Tabla 7 Principales minas de minerales no metálicos en explotación localizadas en Durango.

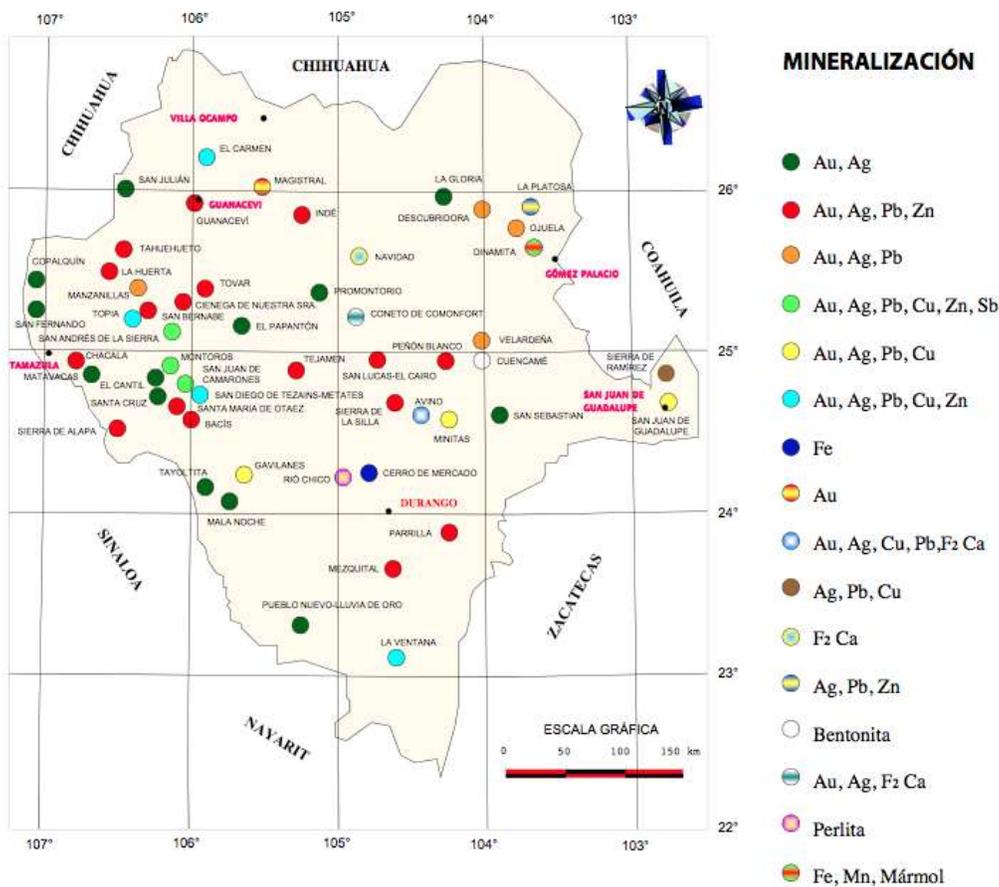
Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011)

NOMBRE De LA MINA	EMPRESA ABASTECIDA	MINERAL NO METÁLICO	MUNICIPIO
La Torreña	Mármoles Pérez Vidrio, S.A. de C.V.	Mármol	Lerdo
La Torreña	J. G. Tovanche	Mármol	Lerdo
La Torreña	Travertinos Latinoamericanos, S.A.	Mármol	Lerdo

	de C.V.		
La Torreña	Mármoles Laminados de Durango	Mármol	Lerdo
Dinamita	Mármoles Pérez Arrezola, S.A. de C.V.	Mármol	Lerdo
Dinamita	M. I. C. Mármoles Industriales Castro, S. A .DE .C. V.	Mármol	Lerdo
La Mina	SSS Mármoles La Mina	Mármol	Lerdo
Vidal	Mármoles Velazco de Durango S. A.	Mármol	Tlahualilo
Benito Juárez (Banco Grande).	Marble World, S.A.	Mármol	Tlahualilo
Los Cremosos - Los Trujillo	Castelli Marble de Durango, S.A. DE C.V.	Mármol	Tlahualilo
Bancos Pequeños	Ejido Alma Campesina	Mármol	Tlahualilo
Sombreretillo	Mármoles Industriales Tosa, S.A. de C.V.	Mármol	Simón Bolívar
Alma Campesina	Mármoles Cametle, Soc. Cop., S.A. de C.V.	Mármol	Tlahualilo
Alma Campesina	Marble World, S. A.	Mármol	Tlahualilo
Ejido La Mina	Mármoles y Artesanías Aburalach, S.A. de C.V.	Mármol	Lerdo
El Gato	Arcillas Industriales Procesadas, S.A de C.V.	Bentonita	Cuencamé
Nazas	Minerales de Avino, S. A de C.V.	Bentonita	Nazas
La Colorada, El Milagro, La Morita, La Boquilla, El	Friozac, S.A. de C.V.	Bentonita	Cuencamé
Cuencamé	BARMEX, S.A. de C.V.	Bentonita	Cuencamé

Sombreretillo	Mármoles y Onice de La Laguna, S.A.	Mármol	Simón Bolívar
Sombreretillo (Simón Bolívar) - La Mina (Lerdo)	Martos, S.A.	Mármol	Simón Bolívar
León Guzmán	Travertinos Laguna, S.A. de C.V.	Mármol	Lerdo
Sombreretillo	Durango Stone, S.A. de C.V.	Mármol	Simón Bolívar
Sombreretillo	U.P.S.E. Sombreretillo	Mármol	Simón Bolívar
Sombreretillo-Lerdo	Webb & Reed de México, S.A. DE C.V.	Mármol	Simón Bolívar
Cantera El Delfín	Mármoles y Artesanías Escobosa, S.A.	Mármol	Simón Bolívar
Tlahualilo de Zaragoza Banco	Mármoles Marscorga, S.A.	Mármol	Tlahualilo
Tlahualilo de Zaragoza Banco	Planta Laminadora 10 de Julio.	Mármol	Tlahualilo
Cuencamé	Friozac, S.A. de C.V.	Bentonita	Cuencamé
Coneto	Cia. Minera San Miguel de Coneto	Fluorita	Coneto de Comonfort
Navidad	Cia. Minera y Productos Metalurgicos, S.A. DE C.V.	Fluorita	Rodeo

Ilustración 10 Durango. Principales regiones minera. Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011)



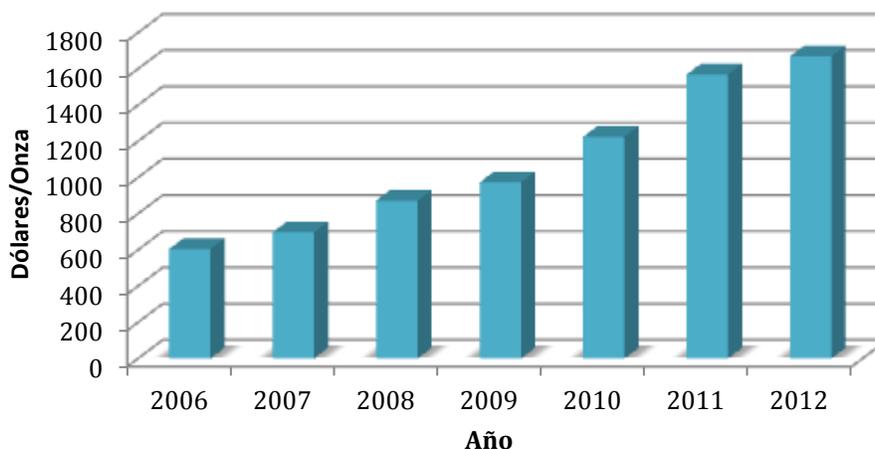
Con respecto a la propiedad minera, para el periodo 2006 – 2010 el número de concesiones se ha incrementado, de igual manera la superficie que protege, llegando a representar en 2010 el 21.04% del territorio estatal. Las estadísticas del Sistema de Administración Minera (SIAM, <http://www.siam.economia.gob.mx/es/siam/DCyC>) para 2011 y 2012 no están disponibles (sólo cubren unos meses).

Tabla 8 Evolución de las concesiones mineras en Durango (2006-2013). Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011)

Año	Total		Cobertura estatal (%)
	Superficie (ha)	No. De títulos	
2006	1,432,858.46	3,204	11.53
2007	1,848,535.11	3,444	14.88
2008	2,405,343.73	3,548	19.35
2009	2,565,972.49	3,623	20.65
2010	26,148,773,125	3,644	21.04
2011	N.D.	N.D.	N.D.
2012	N.D.	N.D.	N.D.

Sin duda alguna, el repunte de la actividad minera en Durango depende de 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 dólares/onza, en 2010 de 1224.7 dólares/la onza y para el 2012 se cotizó en 1,668.8 dólares/onza (Ilustración 11).

Ilustración 11 Cotización anual del oro (Dólares/Onza). Fuente: Elaboración propia con base en (Secretaría de Economía, 2013).



2.3 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. Como se ha mencionado, 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, geometalúrgica, 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, geometalúrgica, 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 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.

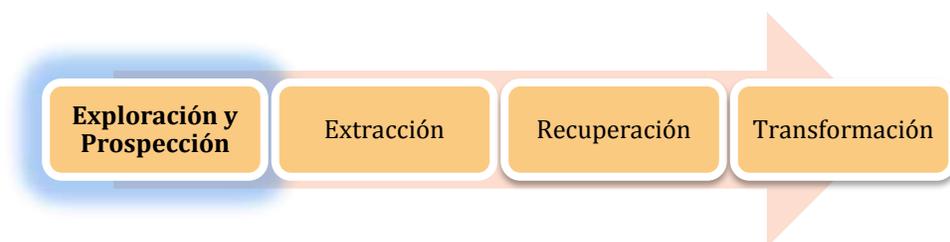
Con base en esto, a continuación se identifican las áreas tecnológicas de mayor impacto futuro en el sector minero.

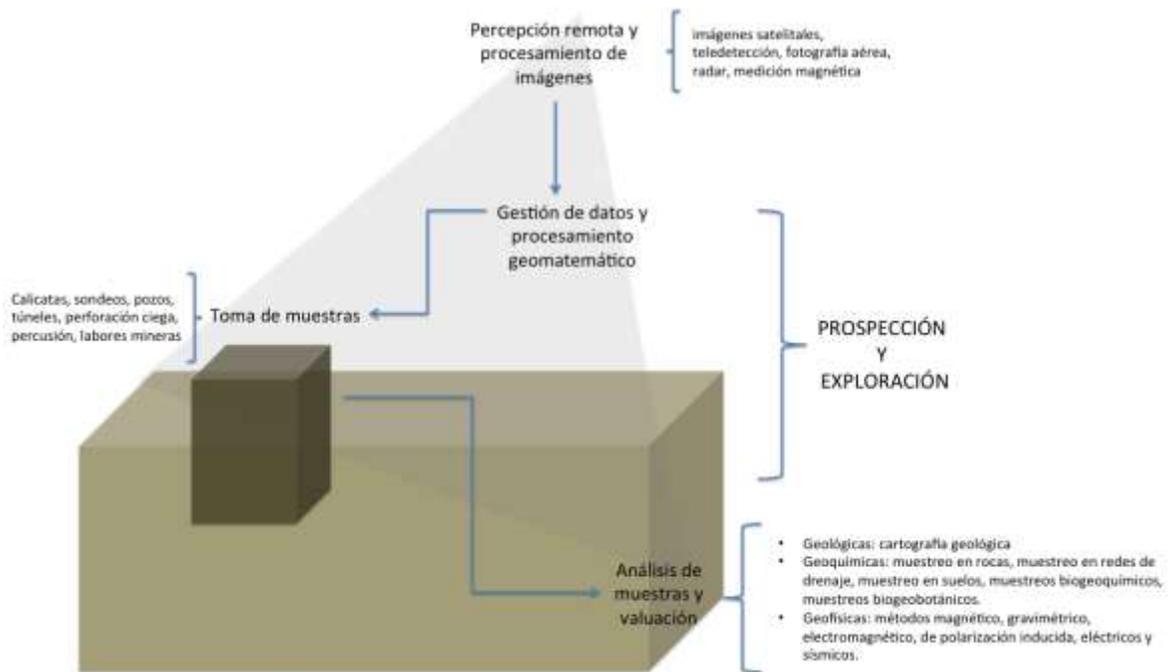
2.3.1 Tecnologías empleadas en las actividades de exploración.

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 12 Tendencias tecnológicas en las actividades de prospección y exploración minera.

Fuente: elaboración propia.





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, estas 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.

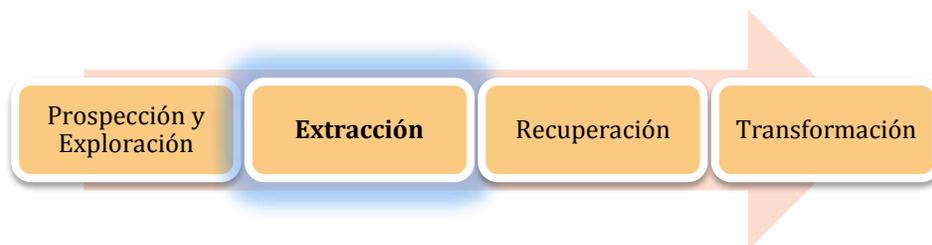
De acuerdo con un estudio realizado por Geosoft, proveedor de las empresas de exploración minera, éstas han mostrado interés en el diseño y la implementación de Soluciones para la Gestión de la Información generada a partir de las actividades de Exploración (*Exploration Information Management Solutions – 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.

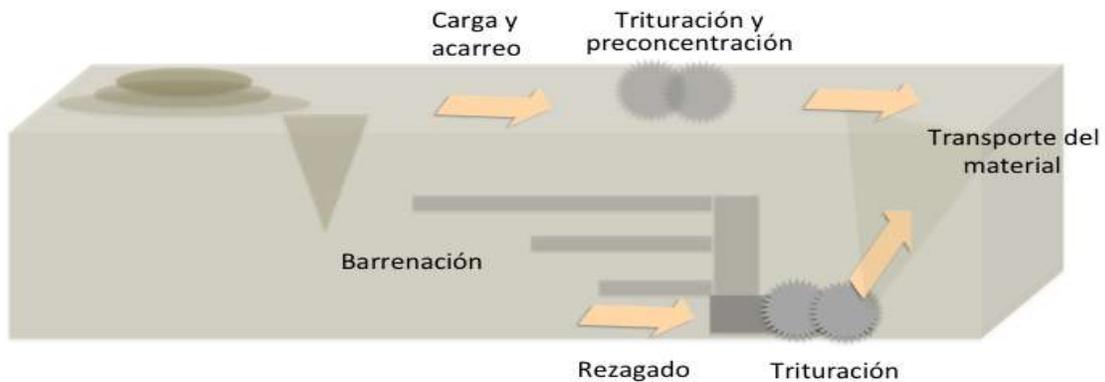
2.3.2 Tecnologías empleadas en las actividades de extracción.

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 13 Tendencias tecnológicas en las actividades de extracción de minerales.





Fuente: elaboración propia.

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 especialmente durante 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 sub-operaciones 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; y la calibración remota, entre otras.

2.3.3 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

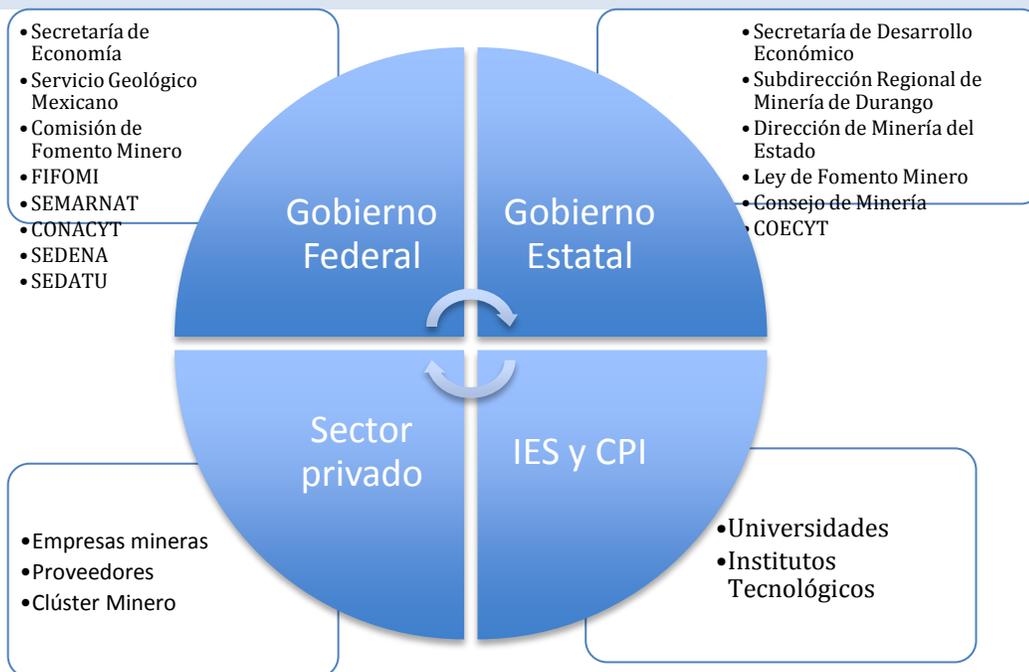
trabajadores mejorando los sistemas de comunicación y transporte dentro de la mina y hacer uso de instrumentos que permiten detectar fatiga en el operador.

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 electricidad 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 re-uso 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

3.1 Mapa de los agentes del ecosistema de innovación



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 del 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 muestran las instituciones que cuentan con carreras relacionadas con la minería.

Las principales instituciones estatales que forman recursos humanos para el sector son: **Universidad Juárez del Estado de Durango; Instituto Tecnológico de Durango, Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, Universidad La Salle La Laguna, Universidad Politécnica de Cuencamé, Universidad Tecnológica de la Laguna.** (Huezco, J.J., 2014 Situación actual de las carreras de ciencias de la Tierra).

Tabla 9 Instituciones de educación superior con carreras relevantes para la minería.

Institución	Municipios	Profesionistas afines al sector minero
Instituto Tecnológico de Durango	Durango	Ingeniero civil, ingeniero en Mecatrónica, Ingeniero Químico, Ingeniero Industrial, Ingeniero en TICs
Universidad Juárez del Estado de Durango	Durango	Ingeniero en manejo Ambiental, Ingeniero en Ciencias de materiales
	Gómez Palacios	Ingeniero Civil
Universidad Tecnológica de la	Ciudad Lerdo	Técnico Superior Universitario en Minería

Laguna		
Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari	Santiago Papasquiari	Ingeniero Industrial, Ingeniero Ambiental, Ingeniero en minas, Ingeniero en sistemas computacionales, Ingeniero en TICs, Ingeniero en mecatrónica
Universidad La Salle La Laguna	Gómez Palacios	Ingeniero Civil, Ingeniero en Mecatrónica, Ingeniero Industrial, Ingeniero en minas
Universidad Politécnica de Cuencamé	Cuencamé	Ingeniero Metalúrgico, Ingeniero en Tecnologías de la Información

Fuente: Elaboración propia con datos de (ANUIES, 2013) y páginas web de las universidades

3.2.2 Centros de investigación, clústeres y parques industriales

➤ Empresas mineras y clúster

De acuerdo con cifras del Servicio Geológico Mexicano, en el Estado de Durango se concentra el 11.36% de las empresas minero –metalúrgicas con inversión extranjera directa del país.

Las principales empresas mineras del estado se muestran en la siguiente.

Tabla 10 Principales empresas mineras de Durango. Fuente. (Secretaría de Economía- Servicio Geológico Mexicano, 2014)

Arcillas Industriales de Durango, S.A. de C.V.
Atalaya de Argenta, S.A. de C.V.
Besmer S.A. de C.V.
Canteras El Delfín, S.A. de C.V.
Cerro de Mercado S.A. de C.V. (Unidad CEMESA)

Cía. Minera de Atocha, S.A. de C.V.
Cía. Minera de Dolores S.A. de C.V.
Cía. Minera Hecla S.A. de C.V.
Cía Minera Mexicana de Avino S.A. de C.V.
Cream Minerals de México, S.A. de C.V.
First Majestic Plata S.A. de C.V.
First Majestic del Toro S.A. de C.V.
Industrial Minera Raya S.A. de C.V.
Martos S. A. De C.V.
Metalúrgica Guanacevi S.A. de C.V.
Minas de Bacis S.A. de C.V.
Minera Bolañitos S.A. de C.V.
Minera Capela S.A. de C.V.
Minera Copzal S.A. de C.V.
Minera El Polín S.A. de C.V.
Minera Excellon de México S.A. de C.V.
Minera La Encantada S.A. de C.V.
Minera Mexicana La Ciénega S.A. de C.V.
Minera Real Bonanza S.A. de C.V.
Minera Real del Oro S.A. de C.V.
Minera Santa Cruz y Garibaldi S.A. de C.V.
Minera Sisa S.A. de C.V.
Minera Terra Plata S.A. de C.V.
Minerales de Avino S.A. de C.V.
Minerales el Prado S.A de C.V.
Plata Panamericana S.A de C.V.

Primero Empresa Minera S.A. de C.V.
Sacramento de la Plata S.A de C.V.
Samarkand de México S.A de C.V.
Silverex S.A. de C.V.
Tubería Laguna, S.A de C.V.

Durante el lanzamiento del Programa de Desarrollo Minero 2013 – 2018, se destacó la creación de cuatro clústers mineros, uno de ellos en Durango (Ramírez, 2014). Sin embargo, hasta la fecha no se ha tenido noticia de la instauración de éste.

La inversión extranjera directa de minería en Durango fue de 194.6.7 millones de dólares en 2013 y para el primer semestre de 2014 fue de 45.6 millones de dólares; en el estado operan más de 51 empresas con más de 96 proyectos de extracción y exploración.

Entre los principales proyectos de exploración y producción, a 2014, destacan los siguientes.

Tabla 11 Principales proyectos mineros de Durango.

Empresa	Canadá	Proyecto	Etapas	Minerales*
Mercator Minerals, Ltd.	Canadá	El Indio	Exploración	Ag, Au
Mundoro Capital, Inc.	Canadá	Cuencamé	Exploración	Ag, Au, Pb, Zn
NWT Uranium Corp /Yamana Gold Inc.	Canadá	Picachos	Exploración	Ag, Zn, Pb, Au
Oremex Resources Inc.	Canadá	El Sol	Exploración	Ag, Pb, Zn
		San Lucas	Exploración	Ag, Au
Orex Minerals Inc	Canadá	Tejamen	Exploración	Ag, Au, Pb, Zn

Orex Minerals Inc./ Fresnillo Plc	Canadá /	Coneto	Exploración	Ag, Au
	México	Las Mesas	Exploración	Au, Ag
		Santa Cruz (de Otáez)	Exploración	Ag, Au, Pb, Zn, Cu
Premium Exploration Inc.	Canadá	La Lupe	Exploración	Au, Ag, Zn, Cu, Pb
Primero Mining Corp / Goldcorp Inc	Canadá	San Dimas	Producción	Au, Ag
		Ventanas	Exploración	Au, Ag
Prospero Silver Corp	Canadá	Campana	Exploración	Au, Ag
		San Luis del Cordero	Exploración	Ag, Cu
		Santa María del Oro	Exploración	Au, Ag
Quaterra Resources Inc.	Canadá	Los Crestones Gold	Exploración	Au
		Mirasol / Las Americas	Exploración	Au, Ag
		Santo Domingo	Exploración	Au
Quaterra Resources Inc./ Sierra Metals Inc.	Canadá/ Canadá	Tecolote	Exploración	Ag
Riverside Resources Inc	Canadá	Catrina	Exploración	Au, Ag
		Maravillas	Exploración	Au
		Pedernal	Exploración	Au, Ag
Riverside Resources Inc. / Sierra Madre Developments Inc	Canadá/ Canadá	El Capitán – Jesús María (Peñoles) – San	Exploración	Ag, Au, Pb, Zn

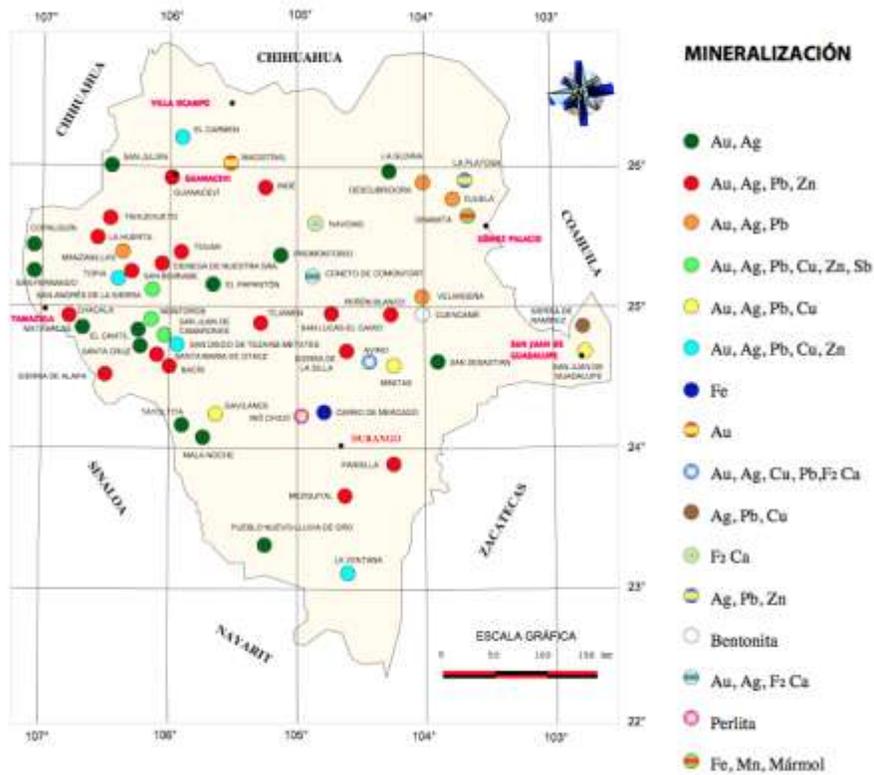
		Rafael		
San Marco Resources Inc.	Canadá	El Tecamate	Exploración	Au, Ag
Santacruz Silver Mining Ltd	Canadá	Gavilanes	Exploración	Ag, Au

Ag: plata; Au: oro; Pb: plomo; Zn: zinc; Cu: cobre

Fuente: Secretaría de Economía – Dirección General de Desarrollo

Como se observa, la mayor parte de los proyectos corresponden a la exploración de yacimientos de oro y plata; asimismo, es evidente la participación en éstos de empresas canadienses.

Ilustración 14 Distritos mineros del Estado de Durango. Fuente: (Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería, 2011)



➤ Entidades 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 y llevar el catastro minero y regular la explotación de salinas 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).
- 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 Desarrollo Económico del Estado de Durango**: Organismo estatal encargado de promover y fomentar la actividad minera
- **Subdirección Regional de Minería en Durango**: Trámites legales y orientación relacionados con la palicación y vigilancia de la Ley Minera.
- **Dirección Minera del Estado**: Coadyuva a la generación y desarrollo de la actividad minera mediante la asesoría a los pequeños mineros.

3.2.3 El Programa de Desarrollo Minero 2013-2018

En el Diario Oficial de la Ferederación 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 12.

Tabla 12 *Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Minero 2013-2018*

Objetivos	Estrategias
Promover mayores niveles de inversión y	Promover a México como destino de inversión minera. Promover la diversificación en la exploración y

<p>competitividad en el sector minero</p>	<p>aprovechamiento de minerales, favoreciendo los de interés industrial. Incrementar la calidad de la información de los proyectos mineros a concursar por el SGM.</p> <p>Generar y proveer información geológica, geofísica y geoquímica para impulsar la inversión en el sector minero.</p> <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</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>

concesiones mineras.	
Democratizar la productividad (PND 2013-2018)	<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 Pymes mineras.</p> <p>Otorgar asistencia técnica y capacitación especializada a Pymes mineras.</p> <p>Realizar actividades de exploración y evaluación de proyectos para apoyar la pequeña y mediana minería y la minería social.</p> <p>Ofrecer financiamiento a proyectos para la explotación de los recursos minerales cuantificados.</p>

3.2.4 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 13.

Tabla 13 Objetivos y estrategias del Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018

Objetivos	Estrategias
Desarrollar una política de fomento industrial y de innovación que promueva un crecimiento económico equilibrado por sectores,	<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</p>

<p>regiones y empresas.</p>	<p>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 Mipymes 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 Mipymes.</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 Mipymes.</p> <p>Incrementar las oportunidades de inclusión productiva y laboral en el sector social de la economía.</p>

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

4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

En el marco de los talleres de consulta realizados para esta área, se elaboró la siguiente evaluación:

Problema tecnológico	Origen del problema	Impacto en el sector	Propuestas de
----------------------	---------------------	----------------------	---------------

y/o de innovación			innovaciones para solucionar los problemas
Afectación de acuíferos	Procesos contaminantes de la industria (Agua y suelos)	Daño en los recursos naturales	Desarrollo de tecnologías adecuadas para el tratamiento de contaminantes en agua y suelo. Creación de un Centro de Investigación para el cuidado del Medio Ambiente.
Falta de información y certificación para cadena de proveeduría .	Talleres del sector metalmeccánico carecen de certificaciones.	Limitada respuesta a necesidades del sector, la proveeduría local puede ser desplazada por proveedores externos	Inversión en laboratorios, para certificación a través de instituciones ya establecidas, o creación de nuevos centros de investigación.
Escasa disponibilidad de recursos humanos certificados	No se cuenta con recurso humano formado que atienda las necesidades del sector.	Las Instituciones de educación media superior y superior, requieren adecuar sus programas para	Inversión en infraestructura educativa, orientada a innovación y desarrollo para

		formar el recurso humano que atienda las necesidades del sector	formación de recurso humano certificado.
Falta de infraestructura científica y tecnológica especializada en el sector.	En la región no se cuenta con una institución o centro de investigación que atienda las necesidades del sector	Fortalecimiento de la infraestructura de innovación y desarrollo para fortalecer el sector.	Creación de un centro de innovación y desarrollo orientado al sector, que brinde servicios y forme recurso humano.
Escasa capacidad para fabricar equipos periféricos	No se cuenta con una industria metalmecánica con los medios y certificaciones para atender la demanda de equipo que requiere el sector.	Certificar los procesos en talleres de capacitación del recurso humano y certificaciones con estándares que requiere el sector	Instituciones y centros que capaciten y certifiquen procesos y recurso humano.
Afectación al medio ambiente por los trabajos que se realizarán por parte del sector.	Falta de conocimiento de gestión ambiental y seguridad en instalaciones de hidrocarburos	Capacitar en gestión ambiental y seguridad a personal de la localidad.	Las Instituciones de Educación Superior, deben ofrecer la formación en seguridad y medio ambiente. Establecer Programas de forestación y reforestación de las áreas impactadas que

			incluya viveros y generación de composta.
Falta de desarrollo en nuevos materiales	No se cuenta con infraestructura que permita el desarrollo de nuevos materiales que atienda las necesidades del sector	El sector requiere contar con infraestructura que le permita atender necesidades y propicie su desarrollo.	Creación de un centro de investigación y desarrollo en nuevos materiales que forme recurso humano y dé servicio a empresas del sector

Así, 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.

4.1 Fortalezas

- Durango cuenta con presencia de empresas globales de minería que invierten en prospección y explotación de yacimientos.
- Tradición y amplia experiencia de esta industria en el estado.
- Gran riqueza de recursos minerales aún por explotar.
- Carácter estratégico del área de especialización.
- Existencia de programas de impulso y de atracción de inversiones a la minería.
- Existencia de instituciones de educación superior y de formación técnica como fuente de recursos humanos para la industria en el Estado y en regiones cercanas al Estado.
- Existencia de plantas de beneficio y transformación

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 proveeduría local.
- Incremento en el número de explotaciones mineras nuevas en el estado.
- La necesidad de desarrollo de elementos de seguridad y sustentabilidad.
- La relevancia de la industria minera a nivel estatal y nacional que se traduce en apoyo y tratamiento prioritario para esta industria.
- El surgimiento de innovaciones tecnológicas para los diferentes procesos de la industria.
- El carácter prioritario asignado a esta área de especialización dentro de la agenda estatal de innovación.
- Fondos crecientes para actividades de investigación y desarrollo en virtud de la meta nacional de llegar al 1% del PIB dedicado a actividades científicas y tecnológicas.
- El Programa de Desarrollo Minero favorece las actividades de desarrollo tecnológico.
- Crecimiento sostenido del sector minero en el Mundo, con los precios de los metales en general a la alza.
- Escasez y marcado incremento en la demanda de metales-minerales no tradicionales en las nuevas tecnologías en los campos de la electrónica y acumuladores de energía como lo son las Tierras Raras, platinoídes, litio, berilio, entre otros.
- La necesidad creciente por energía a nivel mundial apunta al empleo de minerales radioactivos (U-Th) como combustibles para la generación de electricidad, ya que son más baratos y menos contaminantes que los tradicionales carbón-hidrocarburos. Las condiciones geológicas del Estado de Durango son excelentes para la explotación de estos minerales.

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.
- Carencia de profesionistas (no solo geólogos e ingenieros de minas, sino también de otras áreas requeridas en la explotación de las minas por ejemplo ingenieros 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 contraria por problemas de contaminación generados por la industria.
- Introducción de regulaciones más estrictas que impacten los costos de producción del sector y dificulten sus operaciones.
- Conflictos por tenencia de la tierra y utilización del agua.
- Volatilidad de las inversiones en función de los precios de minerales.
- Nueva recesión en la industria mundial que haga disminuir la necesidad de metales.
- Reformas o nuevas políticas nacionales impositivas acompañadas de mayores restricciones administrativas en cuanto a la seguridad de concesión de derechos y cumplimiento de obligaciones, que compliquen la exploración y operaciones mineras en el país.
- Crecimiento generalizado de la inseguridad en las zonas mineras (en su mayoría alejadas de los centros urbanos).

5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

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 Durango 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 tres nichos de especialización que impactan transversalmente el quehacer del área minera de Durango .

- **Metalmecánica**
- **Tecnologías de proceso** (metalurgia extractiva y manejo sustentable de efluentes)
- **Métodos de prospección**

6.1 Justificación de las áreas de especialización identificadas

Metalmecánica

Esta actividad se relaciona con los requerimientos de piezas, herramientas y materiales necesarios para la explotación minera, comprende 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.

Tecnologías de proceso

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.

Prospección y exploración de yacimientos

En este rubro destaca la necesidad de desarrollo de técnicas:

- Indirectas como son el uso de 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 rápidos; 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

A partir de la consulta sectorial y del análisis realizado, se plantean los siguientes proyectos.

7.1 Creación del 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 minería en Durango es una actividad importante y no se cuenta en esta entidad con un centro de investigación y desarrollo que provea de soluciones tecnológicas a esta industria. Esta recomendación se hizo de manera unánime en el curso de los talleres sectoriales.

Es necesaria la creación de una organización específica, con infraestructura, recursos humanos calificados y un programa de trabajo para hacer contribuciones en áreas relevantes para la industria.

Además, el Instituto Tecnológico de Durango (ITD) ha generado el concepto de una Unidad de Investigación y Servicios para la industria minera que "involucraría Minería, Metalurgia y Biotecnología, ésta con referencia a elementos como el arsénico y manganeso que perjudican sobremanera la recuperación de oro, plata, plomo y zinc, entre otros"⁷

El proyecto del ITD ha sido aprobado por la empresa First Majestic Co., lo cual suma la posibilidad de contar con el apoyo de una empresa tractora de gran relevancia.

Descripción.

Se trata de la creación de un centro de desarrollo tecnológico con una inversión mixta entre los sectores público y privado, de manera que se asegure que el centro responde a las demandas de la industria.

El centro tendría las siguientes funciones:

- Proveer servicios tecnológicos especializados a empresas mineras y sus proveedores en los nichos de especialización seleccionados.
- Realizar investigación contratada para proyectos presentados por las empresas.
- Ofrecer servicios de capacitación especializada para ingenieros y técnicos de la industria.

⁷ Comunicación directa del Dr. Hiram Medrano, profesor del Instituto Tecnológico de Durango

- 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 proyecto sería coordinado por el Instituto Tecnológico de Durango, contando con la participación inicial de la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Universidad Politécnica de Durango, así como de la Universidad Juárez del Estado de Durango, incluyendo a los técnicos del corporativo minero First Majestic Silver Corp., haciendo especial énfasis en la posible creación de la Unidad de Investigación y de Servicios (UNIDES).

El financiamiento de los proyectos debe provenir de las propias empresas (particularmente First Majestic como tractora), las cuales podrán recurrir a fuentes como el PEI, FINNOVA e INADEM.

En cuanto al financiamiento del centro, en el orden de los 35 millones de pesos para la instalación e inicio de operaciones, éste puede provenir de las siguientes fuentes:

- Plan de negocios y proyecto ejecutivo: FOMIX Durango y las empresas mineras.
- Construcción y equipamiento inicial del centro: INADEM, FIT y empresas mineras.

Tabla 14 Líneas de trabajo del Centro de Desarrollo Tecnológico.

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. • Desarrollo de sistemas de censado para el monitoreo de áreas remotas y de alto riesgo. • Desarrollo de sistemas para la gestión de grandes bases de datos y

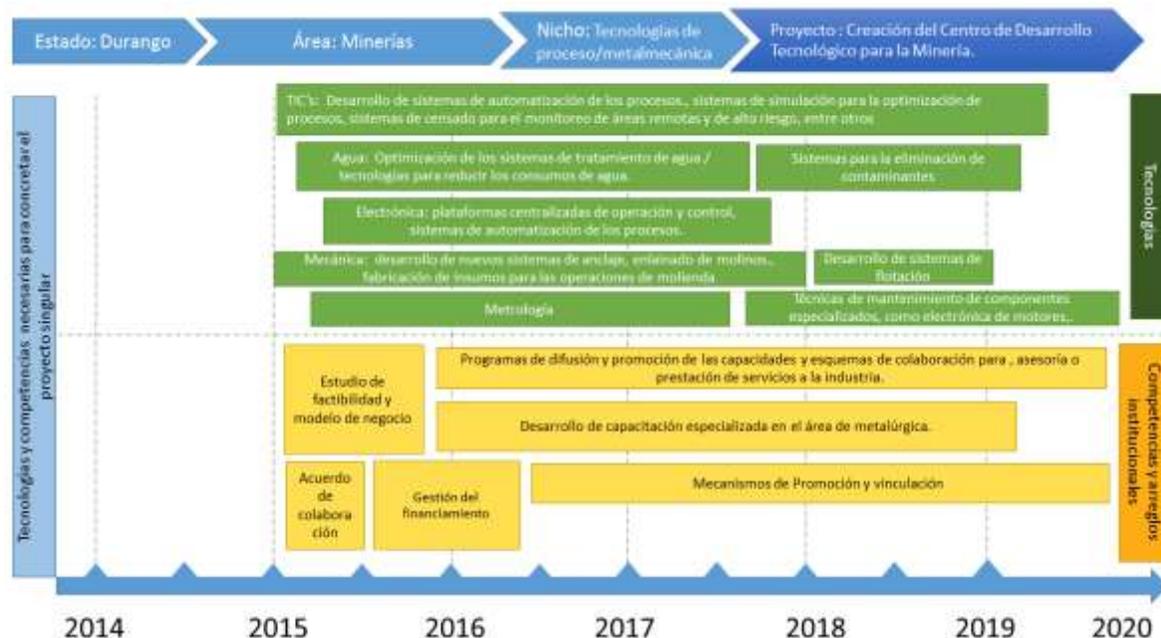
	<p>múltiples variables, que faciliten la toma de decisiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas para la operación de procesos vía remota.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización de los sistemas de tratamiento de agua. • Desarrollo de tecnologías para reducir 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. • Selección y desarrollo de promotores para optimizar la recuperación de plata • 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.
Biotecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de procesos biotecnológicos para reducir contaminantes en jales y concentrados de mineral
Metalurgia	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas de flotación • Sistemas para la eliminación de contaminantes

Los factores críticos para el éxito de este proyecto son:

- Liderazgo de las empresas mineras del Estado .
- Gestión efectiva del financiamiento del proyecto en sus diferentes fases.
- Convenio de colaboración de largo plazo con el Instituto Tecnológico de Durango
- Atracción de la colaboración de las instituciones de educación superior para formar una red.
- Definición de una cartera de servicios tecnológicos y de investigación de la Unidad de Investigación y Servicios en consenso con las empresas.
- Nombramiento de un grupo directivo con experiencia técnica, redes de relaciones y capacidad de gestión.
- Atracción de personal de alta calificación.
- Establecer un conjunto de indicadores y 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 15 Mapa de ruta. 7.1 Creación del Centro de Desarrollo Tecnológico para la Minería.



Fuente: CamBioTec 2014

7.2 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, re-uso, 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 de una 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 reciente evento de contaminación de ríos a partir de un problema de manejo en una mina. La respuesta más efectiva debe surgir de las capacidades de investigación y 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 crítica.

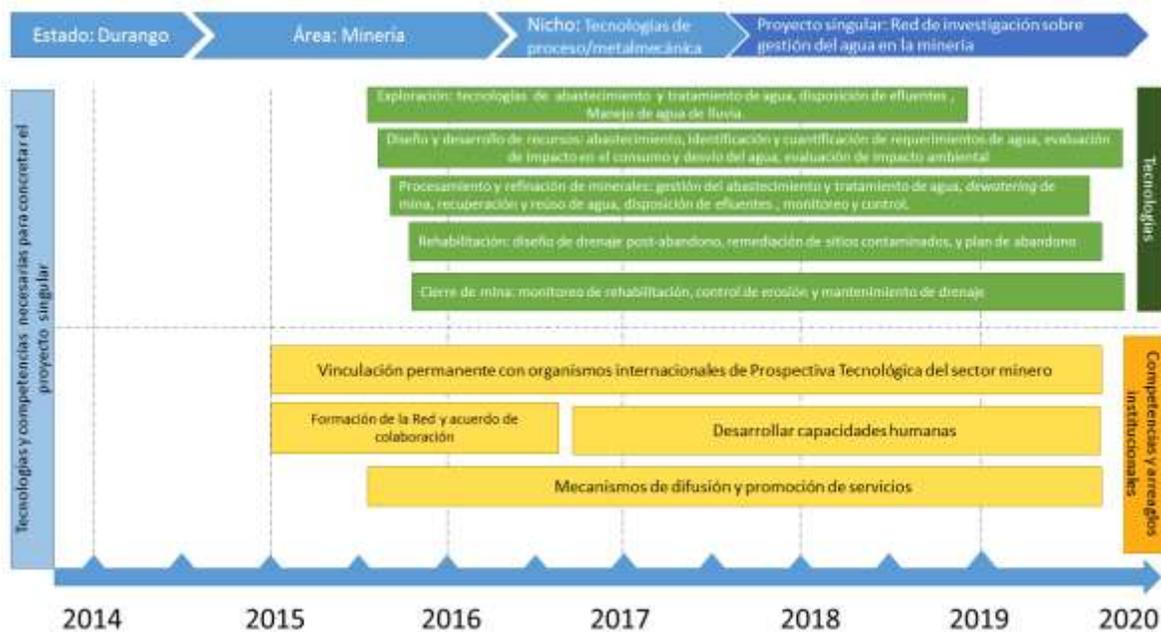
Las tecnologías y competencias deberán corresponder al menos con lo planteado en la Tabla 11. Se propone que la Universidad Juárez del Estado de Durango coordine la Red y que todas las instituciones de educación superior participen. La Red puede funcionar con un financiamiento inicial de 1.5 millones de pesos provenientes del FOMIX y mantenerse con los pagos por servicios.

Tabla 15 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
	• Tratamiento de agua potable
	• Descargas de aguas bombeadas
	• Disposición de efluentes
	• Manejo de agua de lluvia
Diseño y desarrollo	• Abastecimiento, identificación y cuantificación de requerimientos

de recursos	de agua
	· Evaluación de impacto en el consumo y desvío del agua
	· Evaluación de impacto ambiental
	· Cumplimiento de normatividad aplicable
Procesamiento y refinación de minerales	· Almacenamiento y tratamiento del agua
	· Gestión del abastecimiento
	· Tratamiento del agua
	· Dewatering de mina
	· Recuperación y reuso de agua
	· Disposición de efluentes (gestión de descargas)
Transporte de producto	· Monitoreo y control
	· Control de derrames
Rehabilitación	· Diseño de drenaje post-abandono
	· Remediación de sitios contaminados
	· Plan de abandono
Cierre de mina	· Monitoreo de rehabilitación
	· Control de erosión y mantenimiento de drenaje
	· Verificación de la remediación

Ilustración 16 7.2 Red de investigación sobre gestión del agua en la minería.



Fuente: CamBioTec 2014

7.3 Proyectos Complementarios

Inventario de los recursos energéticos minerales del Estado de Durango.

Este proyecto, se basa en el hecho de que Durango es fuente de recursos que pueden ser usados en la industria de generación de energía; sin embargo, a la fecha no se cuenta con información totalmente confiable sobre los yacimientos y su potencial.

Se propone un proyecto con dos vertientes:

- el inventario de energéticos fósiles con factibilidad de uso comercial
- el inventario de depósitos radioactivos, para la exploración-explotación-producción de combustible (minerales energéticos que incluyen Uranio-Torio, Hidrocarburos y Carbón).

El objetivo de este proyecto es: caracterizar y cuantificar las regiones y depósitos de energéticos fósiles y radioactivos del Estado de Durango.

Explorar y eventualmente explotar los depósitos de minerales radiactivos para producir combustible nuclear se llevaría de 7 a 10 años, es decir, para 2024, podría terminarse la dependencia de la compra de combustible nuclear, además México podría ser productor y vendedor. Por la riqueza de minerales radiactivos de Durango, se podría generar una actividad nueva mediante la cual: a) se crearían fuentes de trabajo en la exploración-explotación de los depósitos; b) Se generaría una industria de producción de combustible; y c) se podría generar ingeniería innovadora en las técnicas de exploración, explotación y producción de combustible.

Para el caso de los depósitos radiactivos es importante señalar que la Ley Reglamentaria del artículo 27 constitucional, concede al Estado la facultad exclusiva de exploración, explotación y beneficio de minerales radiactivos, y que desde la década de los 80's, con el cierre de la empresa URAMEX, el Estado Mexicano ha mostrado poco interés en este tema. Por lo que, la concreción del inventario de depósitos de uranio no sólo está sujeto al interés mostrado por los actores del ecosistema de innovación de Durango sino también de otros actores con injerencia federal (Diario Oficial de la Federación 9-4-2012).

Simulador de operación de maquinaria minera.

La actividad minera requiere la capacitación de personal de alta calificación. Por ello, se plantea el diseño e instalación de un equipo simulador de operaciones que facilite los programas de capacitación respectivos.

El objetivo de este proyecto es fortalecer la infraestructura para capacitación de manera tal que se potencie la capacidad de instructores que trabajan en las instituciones de educación superior del estado.

Mediante proyectos como éste, se podrá superar la falta de equipo para que los operarios puedan ensayar procesos y así, acortar los tiempos y costos , de la capacitación enfocada a hacer más eficientes los procesos productivos.

El proyecto se puede ejecutar mediante una colaboración entre tecnológicos y universidades tecnológicas del estado. La coordinación podría ser asumida por el Instituto Tecnológico de Santiago Papasquiario.

8. TRABAJOS CITADOS

- 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.anui.es.mx/>
- 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.
- CAMIMEX (2014). Informe Anual 2014. Cámara Minera de México, México, D.F.
- 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.
- Huevo J.J. (2014). Situación actual de las carreras de ciencias de la tierra. . Recuperado el 2014, de Presentación power point del 4º congreso "Tendencias de la minería en México" realizado en agosto de 2014 en Durango, Dgo. : <http://www.geomin-durango.org.mx/events-congresos.html>

- INADEM-SE. (2014). SECTORES ESTRATÉGICOS ESTATALES. Recuperado el 3 de Octubre de 2014, de https://www.inadem.gob.mx/sectores_estrategicos.html
- 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>
- 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
- 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. (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>
- Ramírez, E. (9 de Mayo de 2014). El Economista. Obtenido de Preparan cuatro clústeres mineros. : <http://eleconomista.com.mx/industrias/2014/05/14/preparan-cuatro-clusteres-mineros>

- 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 –Dirección General de Desarrollo Minero . (2014). Dirección General de Desarrollo Minero . Recuperado el 2014, de Directorio del sector minero metalúrgico. : www.desi.economia.gob.mx/empresas/Empresas2.asp
- Secretaría de Economía – Servicio Geológico Mexicano – Coordinación General de Minería. (2011). Principales Minas. Recuperado el 9 de Septiembre de 2011, de www.sgm.gob.mx
- 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- 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

- 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

9. APÉNDICES

Apéndice A: Mesas sectoriales

Para el desarrollo de la agenda estatal de Minería en el estado de Durango, en primera instancia se efectuó un estudio bibliográfico y análisis de la situación actual del entorno ligado al área de especialización, posteriormente, con objeto de conocer a fondo el contexto y el ambiente del área de especialización (recopilación de información no documentada), se efectuaron entrevistas a profundidad con miembros del ecosistema de innovación y un taller que fungió como una investigación de campo para conocer con detalle el contexto estatal y apoyar a líderes de opinión de Durango (en el área), para definir las líneas de especialización para la agenda. Los participantes a esta actividad se enlistan en la siguiente tabla.

Taller Minería CANACINTRA Gómez Palacio
COCYTED. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango
Mármoles Pérwz Arreola S.A. de C.V.
CambioTec
Integradora de Mármol
Universidad Politécnica de Cuencame
Universidad La Salle Laguna
Universidad Tecnológica de la Laguna
Dyno Nobel México S.A. de C.V.

MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología