



AGENDA DE INNOVACIÓN DE CHIHUAHUA

DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.4. MINERÍA Y ENERGÍA

Índice

1.	Introducción a las áreas de especialización seleccionadas por la agenda	8
1.1.	Introducción a criterios de priorización utilizados	8
1.2.	Aplicación de criterios para la selección de Áreas de Especialización	9
1.3.	Áreas de Especialización seleccionadas y gráfico representativo de la Agenda	9
2.	Caracterización del área de especialización en el Estado y en el contexto nacional	11
2.1.	Minería.....	11
2.1.1.	Breve descripción del Área de Especialización.....	11
2.1.2.	Distribución del Área de Especialización en México	13
2.1.3	Posicionamiento del estado en el Área de Especialización	25
2.1.4	Principales tendencias de la innovación en el Área de Especialización a nivel mundial	34
	Gran Minería.....	35
	Pequeña Minería	40
2.2	Energías Alternativas	41
2.2.1	Breve descripción del Área de Especialización.....	41
2.2.2	Distribución del Área de Especialización en México	46
2.2.3	Posicionamiento del estado en el Área de Especialización	49
2.2.4	Principales tendencias de la innovación en el Área de Especialización a nivel mundial	52
3	Breve descripción del ecosistema de innovación.....	59
3.2	Mapa de los agentes del ecosistema de Innovación.....	59
3.3	Principales instituciones de educación superior (IES) y centros de investigación (CI), y sus principales líneas de investigación	62
3.3.1	Instituciones de Educación Superior	62
3.3.2	Centros de Investigación	63

3.4	Detalle de empresas del Área de Especialización	64
3.5	Evolución de Apoyos en el Área de Especialización (Energías alternativas)	69
4	Análisis FODA.....	71
4.2	Fortalezas.....	71
4.3	Oportunidades.....	72
4.4	Debilidades	73
4.5	Amenazas.....	73
5	Marco estratégico y objetivos del área de especialización	74
5.2	Breve reseña de la metodología implementada	76
6	Nichos de especialización	80
6.1.	Minerales metálicos y no metálicos	81
6.2.	Energías alternativas	83
7.	Caracterización de proyectos prioritarios y plan de proyectos	85
7.1.	Descripción de proyectos	85
7.1.1.	Minerales metálicos y no metálicos	85
7.1.2.	Energías alternativas	87
8.	Referencias	93
	Apéndices	97
	Apéndice A: Propuestas de aprovechamiento de Energías Alternativas.....	97
	Apéndice B: Entidades gubernamentales federales y estatales de apoyo al sector	106
	Apéndice C: Análisis del impacto de las tecnologías para generación de energía con fuentes renovables: Resumen de Artículo	113

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Áreas y nichos de Especialización en Chihuahua	10
Ilustración 2. Concentración de la producción de materias primas minerales fundamentales en las diferentes zonas del mundo.....	14
Ilustración 3. Posición de México en el sector minero, a nivel internacional.....	15
Ilustración 4. PIB minero ampliado* vs PIB nacional (2008–2013).....	17
Ilustración 5. Empleos por entidad federativa (2012).....	21
Ilustración 6. Producción de metales preciosos en México (miles de toneladas)	22
Ilustración 7. Producción de minerales industriales no ferrosos en México (miles de toneladas).....	23
Ilustración 8. Proyectos mineros con capital extranjero, por entidad federativa (2012)....	24
Ilustración 9. Regiones mineras del estado.....	27
Ilustración 10. Inversión Extranjera Directa en la Minería de Chihuahua (mdd, 2008).....	29
Ilustración 11. Empleos formales en el sector Transformación y subsector Minería, julio 2014	31
Ilustración 12. Porcentaje de Empleos Formales del Subsector Minería por Diferentes Zonas en el Estado	31
Ilustración 13. Cadena de Valor de la minería	33
Ilustración 14. Generación de electricidad por tipo de tecnología	44
Ilustración 15. Proyectos en operación y en construcción para la generación electricidad con Energías Renovables 2012	48
Ilustración 16. Ilustración de la cadena de valor de la energía	50

Ilustración 17. Ecosistema de Innovación del sector Minería en el estado de Chihuahua..	60
Ilustración 18. Ecosistema de Innovación del sector Energías Alternativas en Chihuahua .	61
Ilustración 19. Esquema de la metodología de trabajo para integrar la Agenda Sectorial .	75
Ilustración 20. Oportunidades y estrategias de financiamiento para la pequeña minería..	83
Ilustración 21. Mapa de ruta del Proyecto Planta de separación, beneficio y comercialización de minerales metálicos y no metálicos	86
Ilustración 22. Mapa de ruta del proyecto Gestión de conocimiento para la identificación de oportunidades de negocio en la cadena Hidrocarburos (...)	88
Ilustración 23. Mapa de ruta del proyecto Desarrollo de capacidades para el aprovechamiento de oportunidades de negocio en proveeduría metalmecánica (...).....	90
Ilustración 24. Mapa de ruta del proyecto Tecnologías para el aprovechamiento de residuos para la obtención de energía.....	92
Ilustración 25: Ubicación geológica del shale gas	98
Ilustración 26: Proceso de extracción <i>fracking</i> para gas de lutita	99
Ilustración 27. Tendencia en el consumo de gas en Estados Unidos (1990-2012)	100
Ilustración 28. Promedio de precios de energía para productores, USA (1998-2010).	102

Índice de tablas

Tabla 1. Ranking de los países para invertir en el sector minero.....	16
Tabla 2. Importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México (mdd, 2008-2011).....	20

Tabla 3. Proveedores líderes en las importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México 2008- 2011.....	20
Tabla 4. Producción y participación nacional de minerales del estado de Chihuahua (Ton, 2012).....	28
Tabla 5. Proyectos mineros del estado de Chihuahua	30
Tabla 6. Participación de los Estados en el Valor de la Producción Minera Nacional.....	32
Tabla 7. Las Energías Renovables	42
Tabla 8. Estimación de la producción mundial de energía durante 2010 y proyección para 2035.	45
Tabla 9. Capacidad instalada adicional para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables 2012-2026 (MW).....	47
Tabla 10. Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables 2012 (MW)	48
Tabla 11. Ocupaciones en determinados subsectores de las energías renovables según el segmento de la cadena de valor.....	51
Tabla 12. Instituciones educativas y áreas afines al Área de minería y Energías Alternativas	62
Tabla 13. Empresas con RENIECYT en el área minera en el estado de Chihuahua	65
Tabla 14. Volúmenes de Producción de Minerales Metálicos	67
Tabla 15. Identificación de propuestas de innovación que resuelve necesidades tecnológicas y oportunidades de mercado para la Minería en Chihuahua.....	77
Tabla 16. Justificación y objetivos tecnológicos de los Nichos de especialización en Minería y Energías Alternativas en Chihuahua	80

Tabla 17. Descripción de proyectos adicionales en el nicho de minerales metálicos y no metálicos.....87

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

1.1. Introducción a criterios de priorización utilizados

La **Agenda Estatal de Innovación (AEI) de Chihuahua**, tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación, para ser desarrolladas en los próximos años. La AEI se integra por las **Agendas Sectoriales de Innovación**, correspondientes a cada *Área de Especialización* (sector económico), definida para el estado, en función del desarrollo de capacidades que fomenten el mejoramiento de las condiciones económicas, políticas, educativas, sociales y ambientales de la población.

A su vez, las **Agendas Sectoriales de Innovación** desarrollan las líneas de innovación para fortalecer cada *Área de Especialización* e impulsar los *Nichos* identificados, mediante la propuesta de proyectos específicos con base en los recursos de la entidad.

La **Agenda Sectorial de Innovación en Minería y Energías Alternativas de Chihuahua**, 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). En las ocasiones en las que la valoración era eminentemente cualitativa, la decisión se tomó mediante un análisis específico del Comité de Gestión en función de la pertinencia para el estado y dicha decisión fue validada por el Grupo Consultivo.

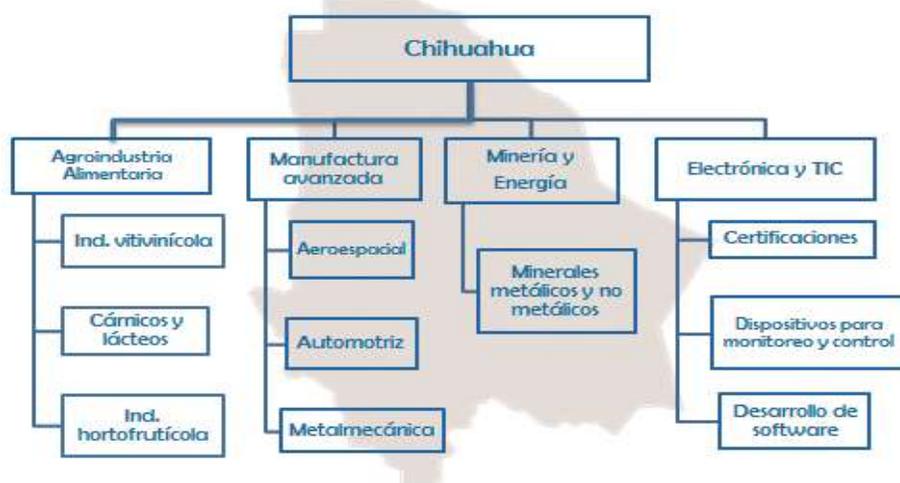
1.3. Áreas de Especialización seleccionadas y gráfico representativo de la Agenda

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

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

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

Ilustración 1. Áreas y nichos de Especialización en Chihuahua



Fuente: CamBioTec A.C. A.C., 2014.

La Agenda Sectorial de Innovación en Minería y Energías Alternativas, se integra, evidentemente, por dos sectores o tipos de actividades: por una parte, aborda las consideraciones sobre innovación en Minería, y por otra, las respectivas sobre el aprovechamiento de fuentes alternativas para la generación de energía.

Cabe mencionar que en el caso de las Energías Alternativas, el diagnóstico estatal lo identifica como un sector en fase de integración para participar en la actividad económica del estado de Chihuahua; sin embargo, por resultar del interés explícito de las autoridades

de gobierno, en conjunto con las oportunidades y capacidades identificadas en el estado, se incluye como parte de las Áreas de Especialización Inteligente para la Agenda Estatal de Innovación en Chihuahua.

Con base en lo anterior, ambas actividades se abordan en paralelo para integrar la presente Agenda Sectorial.

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

2.1. Minería

2.1.1. Breve descripción del Área de Especialización

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

De acuerdo con el INEGI, la minería comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la extracción de petróleo y gas, y de minerales metálicos y no metálicos; incluye la explotación de canteras, explotación de pozos y operaciones de beneficio, entre otras. Incluye también los servicios de apoyo relacionados directamente con esta actividad (INEGI, 2014).

Los depósitos de minerales pueden estar casi en la superficie o aparecer a gran profundidad. En función de la ubicación de los minerales en la corteza terrestre se utilizan distintos métodos de extracción: **minas de superficie** (a tajo abierto) y **minas subterráneas**, éstas a su vez, se subdividen en minería de roca blanda (como el carbón) y minería de roca dura, en la cual se hace necesario, por su dureza, perforar y dinamitar. Una variante de la minería subterránea es la minería por pozos de perforación.

Según (INEGI, 2010), refiere que la clasificación de los metales se puede subdividir de las siguientes formas:

- **metales preciosos:** oro, la plata y los metales del grupo del platino.
- **metales siderúrgicos:** son el hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio y cromo.
- **metales básicos:** cobre, plomo, estaño, y zinc.
- **metales ligeros:** magnesio y aluminio.
- **metales radiactivos:** uranio, radio y torio.
- **metales especiales:** como el litio, el germanio, el galio y el arsénico.

En la actividad minera, también se incluyen a los minerales industriales; minerales de construcción; gemas; e hidrocarburos.

En la categoría de los **minerales no metálicos** se encuentran aquellos empleados en la **construcción** (asbestos, barita, boro, diatomita, feldespatos, grafito, yeso, magnesita, perlita, fosfatos, potasa, sal, sulfuro, talco, vermiculita y zirconia); los minerales **industriales** (caolín, bentonita, potasio) y, las **piedras preciosas** (diamante, zafiro y rubí).

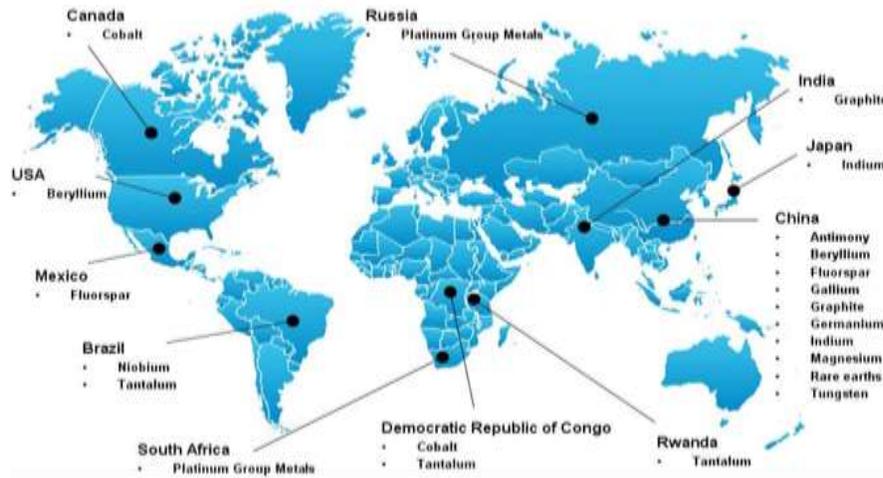
Finalmente, entre los minerales combustibles o fósiles se encuentran: el carbón, coque, antracita, lignita, petróleo, gas natural, las arenas bituminosas, pizarra bituminosa y uranio. Los minerales fósiles representan el 86.5% de la producción total de minerales a nivel global.

Parte fundamental de la valía de los minerales se asocia a su maleabilidad para convertirlos en productos de mayor valor. En este sentido, la transformación de los minerales presenta cinco macroprocesos asociados al núcleo operacional: exploración, desarrollo, extracción, procesamiento y comercialización. La cadena productiva del sector minero involucra a todos aquellos actores cuyos procesos de producción utilizan, de manera directa o indirecta, insumos de origen mineral, así como la comercialización y distribución de los productos terminados (Secretaría de Economía, 2011).

2.1.2. Distribución del Área de Especialización en México

Actualmente, se observa como la mayor parte de las extracciones se realizan en los países subdesarrollados, sin embargo, en la práctica los recursos naturales se utilizan en los países industrializados, que son los principales importadores de metales y minerales. Estados Unidos es el mayor importador de metales y minerales del mundo, presentando una oportunidad latente para México, en lo particular para Chihuahua gracias a la cercanía de las regiones. La siguiente ilustración 2 muestra los países en los que se realizan las principales explotaciones mineras:

Ilustración 2. Concentración de la producción de materias primas minerales fundamentales en las diferentes zonas del mundo



Fuente: (Parejo, 2014)

México es un importante productor minero cuenta con una amplia riqueza de recursos minerales, tanto metales preciosos e industriales, como minerales no metálicos. Prácticamente todo el territorio nacional cuenta con yacimientos mineros para la producción de plata, cobre, oro, cadmio, bismuto, celestita, plomo, zinc, coque, azufre, barita, fluorita y diatomita, entre otros (CEFP, 2013) , (CAMIMEX, 2013). La existencia de yacimientos de gran calidad favorece la rentabilidad de los proyectos y representa una gran oportunidad de inversión. El territorio mexicano ocupa 1'964,375 Km², de los cuales, el 70% (1'375,063 Km²) tiene potencial para el desarrollo de proyectos mineros, porque existe evolución geológica favorable (SEGOB, 2013).

De acuerdo con ProMéxico, México se encuentra dentro de los diez primeros lugares en la producción de diversos minerales, dentro de los que se encuentran: plata, fluorita, bismuto, celestita, wollastonita, sulfato de sodio, plomo, cadmio, molibdeno, diatomita, zinc, yeso, barita, grafito, sal y cobre. Así mismo, se encuentra dentro de los primeros veinte lugares a

nivel global en la producción de oro, sílice, caolín, manganeso, sulfuro, feldespato, fosforita y hierro (Ilustración 3).

Ilustración 3. Posición de México en el sector minero, a nivel internacional

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

Fuente: (CAMIMEX, 2013).

De acuerdo con Grupo Behre Dolbear¹, en el *Ranking of Countries for Mining Investment: "Where Not to Invest"* México se encuentra en la quinta posición de los mejores países para invertir en el sector minero (Berhe Dolbear, 2014).

¹ El Grupo Behre Dolbear es una empresa consultora con sede en Estados Unidos, fundada en 1911 y con oficinas en 8 países. Anualmente, elabora el reporte *Ranking of Countries for Mining Investment: "Where Not to Invest"*. Éste se basa en la encuesta anual que realiza entre sus especialistas, así como en los resultados del Index of Economic Freedom (Wall Street Journal/Heritage Foundation), el Global Competitiveness Report del Foro Económico Mundial, además de publicaciones de Transparencia Internacional. Para el estudio de 2014 se incluyeron 25 países, mismos que se evaluaron conforme a 7 criterios: sistema económico, sistema político, grado de afectación que experimenta la actividad minera por problemas sociales, retrasos en la recepción de

Tabla 1. Ranking de los países para invertir en el sector minero

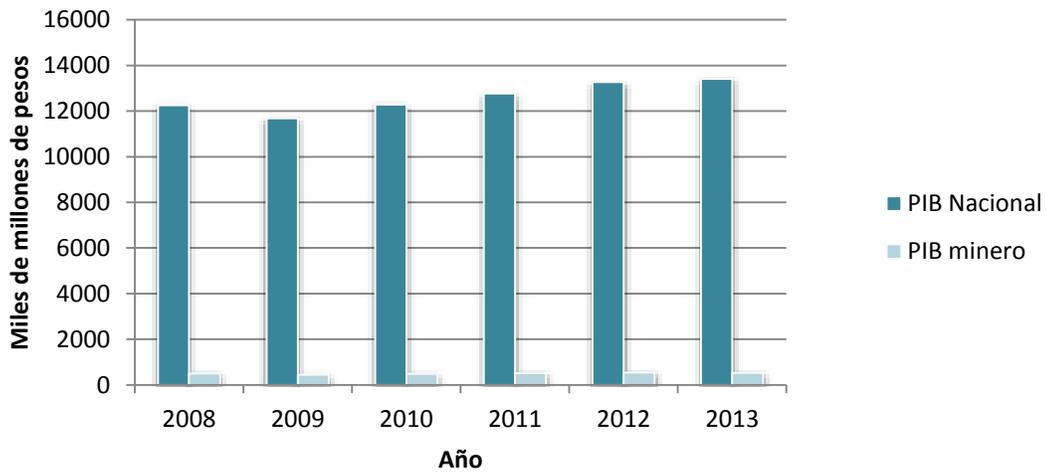
Posición	País	Posición en 2014	Posición en 2013	Diferencia
1	Canadá	61.6	54.3	7.3
2	Australia	60.3	56.3	4.0
3	Estados Unidos	54.6	41.7	12.9
4	Chile	54.1	51.0	3.1
5	México	46.0	43.1	2.9
6	Brasil	42.6	45.6	-3.0
7	Perú	42.3	35.9	6.4
8	Botswana	41.6	36.8	4.8
9	Namibia	38.6	33.6	5.0
10	Ghana	38.2	36.0	2.2
11	Colombia	37.7	40.5	-2.8
12	Zambia	35.0	26.1	8.9
13	Tanzania	34.2	31.9	2.3
14	Sur África	33.9	24.4	9.5
15	Filipinas	32.9	30.4	2.5
16	China	29.7	28.7	1.0
17	India	28.5	27.8	0.7
18	Indonesia	28.1	27.5	0.6
19	Kazakhstan	28.1	20.9	7.2
20	Argentina	24.8	29.0	-4.2
21	Papua Nueva Guinea	23.1	21.0	2.1
22	Mozambique	22.9	32.0	-9.1
23	Mongolia	21.5	26.9	-5.4
24	Rusia	20.1	17.1	3.0
25	D.R. Congo	18.7	17.7	1.0

Fuente: (Berhe Dolbear, 2014)

los permisos debido a problemas burocráticos y otros, grado de corrupción prevaleciente en el país, estabilidad de la moneda y competitividad de la política tributaria del país.

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 3). Esta cifra se encuentra ligeramente (2%) por debajo de la registrada en el 2012² (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.

Ilustración 4. PIB minero ampliado* vs PIB nacional (2008–2013)



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

Fuente: elaboración propia, con datos del (INEGI, 2013).

Dentro de la industria minera de México, dependiendo de su magnitud, de manera tradicional se ha considerado la existencia de tres tipos principales de empresas ligadas a la minería las cuales se definen en relación a la cantidad de producción, estas son: empresas mineras grandes, empresas mineras medianas y empresas mineras pequeñas. Sin embargo,

² Se ha registrado una disminución de los precios internacionales de los minerales a partir de 2011, cuando termina el llamado “superciclo”.

existe una división por debajo de todas ellas que es la minería artesanal a la que se le refiere primordialmente como gambusinaje.

La pequeña minería en México aporta el 2.9% del valor total de la producción minero-metalúrgica nacional, la cual asciende a 6,800 millones de dólares y representa el 1.6% del PIB del país, es por eso que tomando en cuenta estos datos económicos con respecto a este movimiento dentro de la minería, se evidencia que el potencial económico es de mucha importancia. Las nuevas tecnologías aplicadas a la pequeña minería acompañadas de correctas asesorías de manejo podrían revolucionar el ramo, ya que actualmente un importante porcentaje de las personas involucradas con el sector son pequeños mineros.

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

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

Para el 2012, la inversión en el sector minero en México alcanzó un monto total de \$7,647 millones de dólares, 36.3% superior con relación al año previo. De esta inversión, \$6,997 millones de dólares corresponden a la inversión realizada por las empresas afiliadas a la

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

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

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

Respecto a la importación de maquinaria y equipo para la industria minera en México en el año 2006 las importaciones fueron de 813 mdd, mientras que en el 2007 y 2008 se registró un crecimiento drástico alcanzando hasta 1,545 y 2,516 mdd, respectivamente, sin embargo para el 2009 hubo un súbito descenso llegando a 611 mdd, que se mantuvo prácticamente igual para el año siguiente. En 2011 hubo nuevamente un crecimiento en las importaciones de maquinaria y equipo llegando a 703 mdd (Tabla3). Los proveedores líderes en las importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México (mdd, 2008-2011)

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

Fuente: (PwC México, 2013)

Tabla 3. Proveedores líderes en las importaciones de bienes intermedios para la industria minera en México 2008- 2011

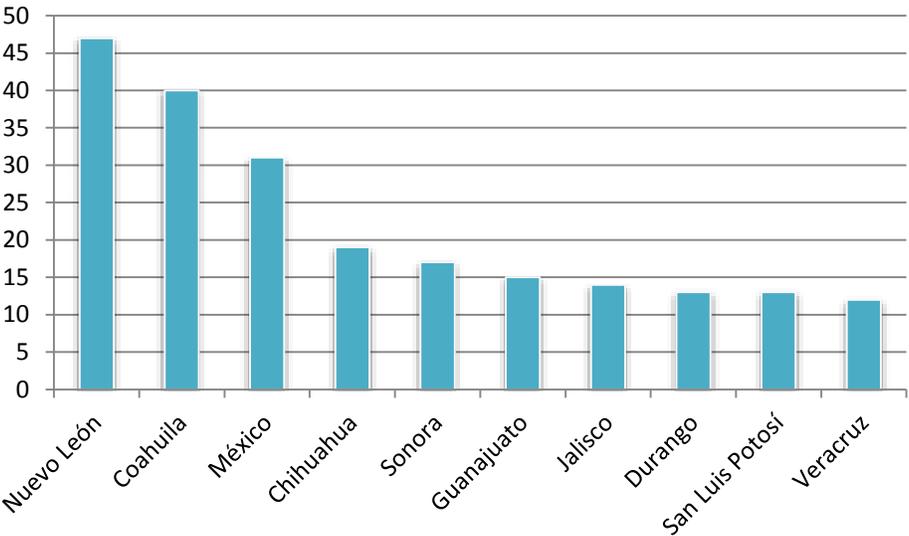
Compañía	Origen	Productos
Atlas Copco	Suecia	Herramientas para excavación, exploración, perforación y refuerzo de rocas.
Sandvik	Suecia	Herramientas, accesorios, equipo de corte, perforación y transportación.
Caterpillar	EUA	Cargadores superficiales y subterráneos, tractores, camiones y palas hidráulicas.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

Fuente: (PwC México, 2013)

En 2012, el valor de la producción minero-metalúrgica mexicana alcanzó un monto total de 234 mil millones de pesos a precios corrientes, monto que representó un incremento del 9.1% con respecto al 2011 (214.5 mil millones de pesos) (Secretaría de Economía, 2013).

En relación con el empleo, el sector minero, durante 2012, presentó un incremento del 6.1% con respecto al 2011, con un total de 328,555 personas empleadas. La rama que más empleo generó fue la de minerales metálicos, impactando con el 40.6% del total de los nuevos empleos (Ilustración 5).

Ilustración 5. Empleos por entidad federativa (2012)

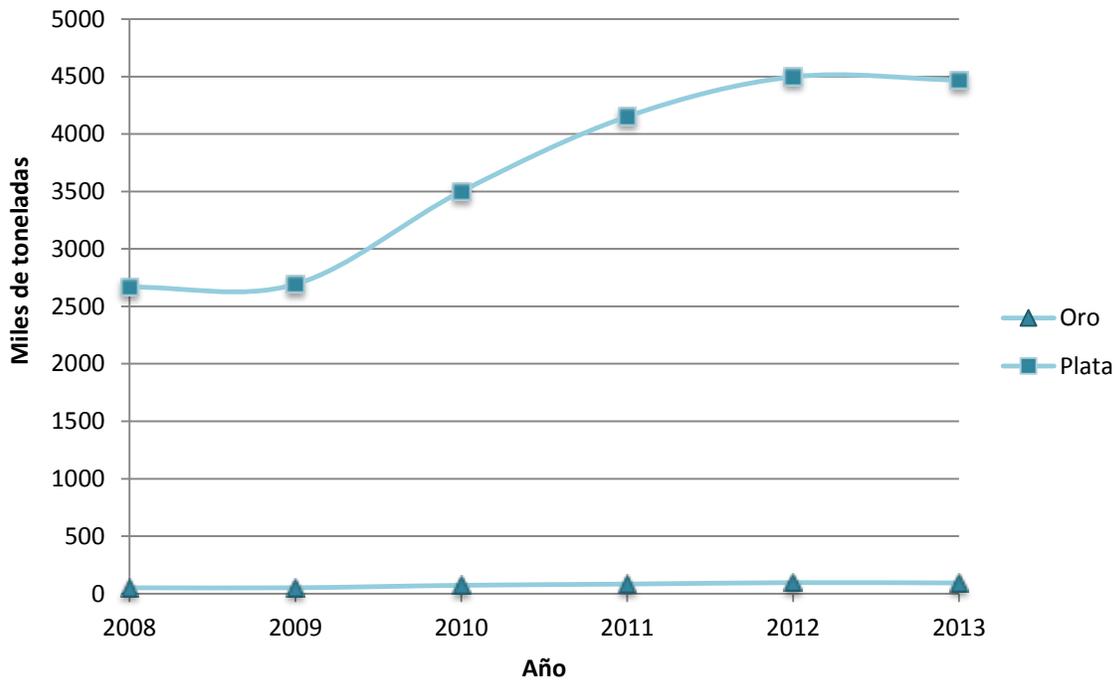


Fuente: (Secretaría de Economía, 2013)

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 6) (CAMIMEX, 2013).

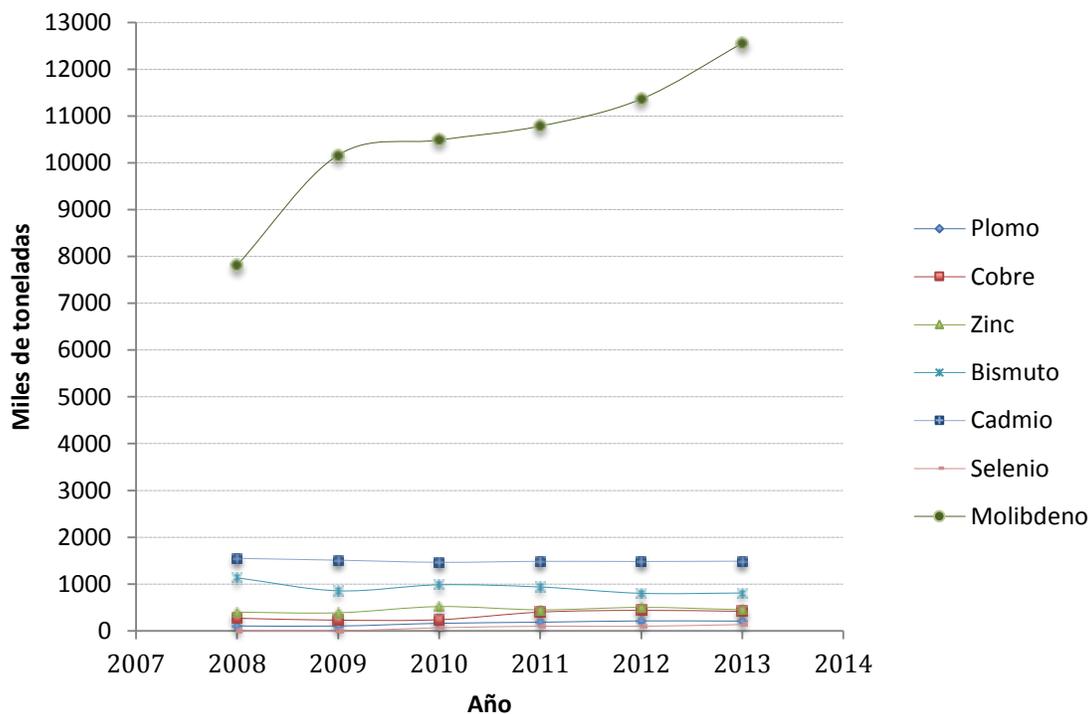
Ilustración 6. Producción de metales preciosos en México (miles de toneladas)



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 7).

Ilustración 7. 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).

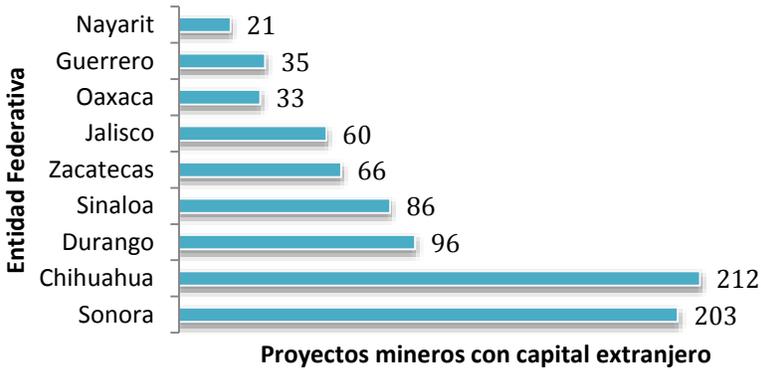
En diciembre del 2012, se tenían registradas 26,071 concesiones mineras, las cuales corresponden a una superficie de 30'872,574.02 hectáreas, lo que representa poco más del 15% de la extensión del territorio nacional (Secretaría de Economía, 2012).

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



Fuente: elaboración propia, con información de (Secretaría de Economía, 2013).

2.1.3 Posicionamiento del estado en el Área de Especialización

En la mayor parte del mundo la minería está controlada por grandes corporaciones o compañías multinacionales, el estado de Chihuahua no es la excepción. La minería chihuahuense es una actividad que data desde la época de la conquista es por ello que se considera uno de los pilares de la estructura económica de muchos municipios del estado.

El estado de Chihuahua, desde tiempos de la colonia ha sido una región relevante por su producción de minerales. A través de la historia de la minería en el estado se han explotado importantes yacimientos, que en su mayoría originaron el asentamiento de pequeñas comunidades que con el tiempo se han ido desarrollando, como la de Santa Bárbara, Parral, Santa Eulalia, San Francisco del Oro, Naica, Piedras Verdes, El Sauzal, Plomosas y Ocampo entre otras. Estas regiones contribuyen en gran medida a mantener una posición importante en la producción nacional, representando una alternativa de desarrollo en lugares donde no existe la posibilidad de establecer otro tipo de industria.

En el estado también se realiza la extracción, transformación y comercialización de minerales industriales como arcillas, caliza, yeso, caolín, sal, grava, arena, perlita, mármol, pumicita y cuarzo; que representan un valor importante a la entidad para el fortalecimiento económico.

En las décadas de los 70's y 80's se llevó a cabo una intensa exploración por uranio definiéndose los yacimientos de Peña Blanca y Las Margaritas. Recientemente se ha incrementado la exploración que ha dado como resultado la ampliación y el descubrimiento de nuevos yacimientos minerales entre los que destacan Santa María en el municipio de Moris; El Sauzal, Bolívar y Cienegüita en el municipio de Urique; Pinos Altos y Ocampo en el municipio de Ocampo; Dolores en el Municipio de Madera; Palmarejo y Monterde en el municipio de Chínipas y Guazapares; San Miguel en el municipio de Cusihuiachic, Terrazas

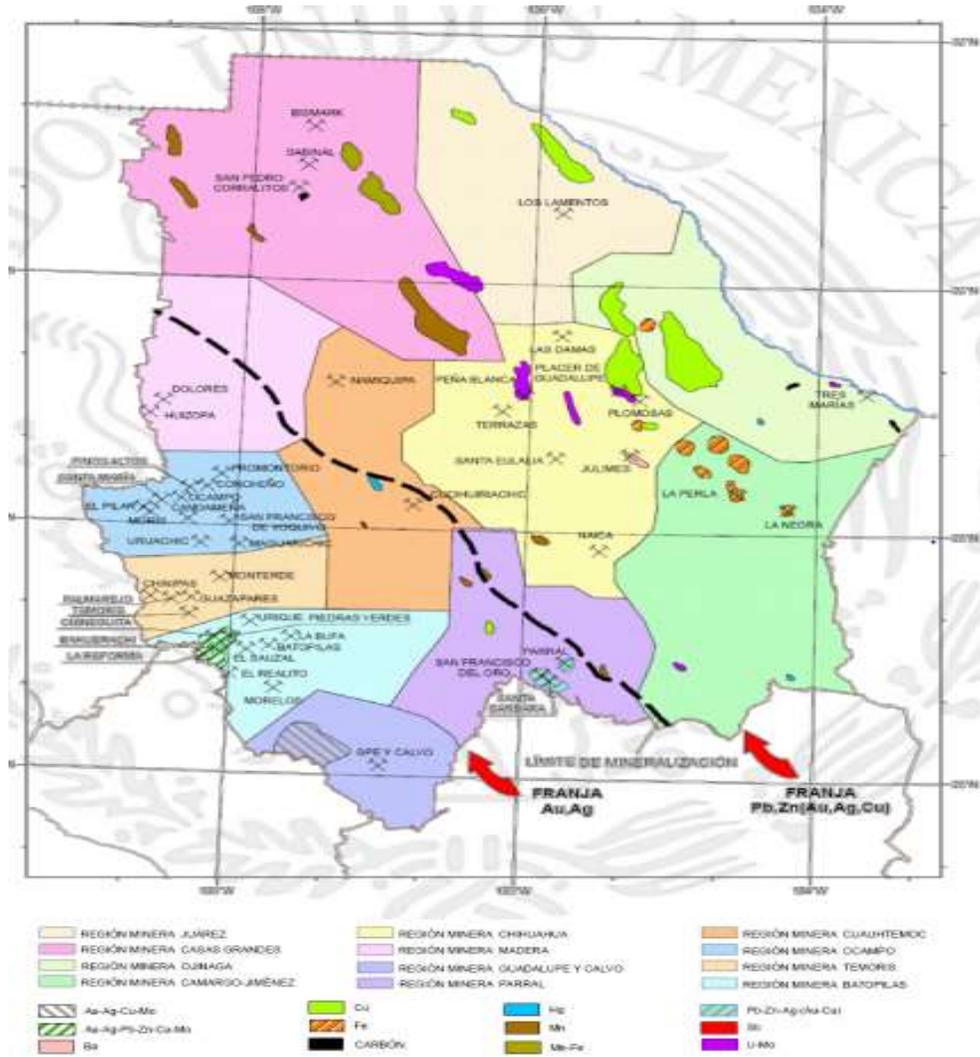
en el municipio de Chihuahua, San Julián en el municipio de Guadalupe y, Calvo y Orisivo en el municipio de Uruachic.

Es evidente que el potencial minero del territorio chihuahuense es muy amplio y favorable para explorar y explotar sus recursos naturales de una manera sustentable, además estos presentan un gran atractivo para la inversión nacional y extranjera, al igual que marcan una oportunidad inigualable para aprovechar en su totalidad los recursos.

La aportación del sector minero en México y en Chihuahua ha ido creciendo durante los últimos años. En el año 2012 este sector aportó el 2.4% del Producto Interno Bruto (PIB) de Chihuahua, el 7.9% del país y se estima que actualmente representa el 4% de la producción minera mundial, según datos del Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI), los cuales coloca a México como un fuerte productor minero en el mundo.

El sector minero del estado se ha posicionado en los últimos años como uno de los más dinámicos en la economía mexicana y Chihuahua se ha consolidado como una de las regiones con gran potencial geológico-minero para nuevos yacimientos, no obstante que la superficie explorada es muy poca, existe un gran potencial para la explotación de minas. En este aspecto destacan la franja del oro de la Sierra Tarahumara y los importantes yacimientos polimetálicos ubicados en los municipios de Aldama, Camargo, Cusihiuriachi, Saucillo, Hidalgo del Parral, Santa Bárbara y San Francisco del Oro.

Ilustración 9. Regiones mineras del estado



Fuente: (SE-SGM, 2014).

Adicionalmente, la producción minera del estado tuvo un notable incremento en los últimos años, sobre todo en la producción de oro y plata, que se vieron reflejados en el valor de la producción minera durante los años 2010 y 2012. Lo anterior, debido a la puesta en marcha de grandes proyectos mineros como: el Sauzal en el Municipio de Urique, Ocampo y Pinos Altos en el Municipio de Ocampo; Palmarejo, en el Municipio de Chínipas; Dolores en el

Municipio de Madera y Santa María de Moris, en el Municipio de Moris, sumando un total de 13 minas en operación en el estado.

La presencia de empresas mineras de inversión extranjera, principalmente en la región serrana, ha generado un importante crecimiento económico regional, con una amplia inversión de recursos para el desarrollo de los proyectos.

Por su importante producción, en el año 2012 Chihuahua se ubicó como el tercer productor de oro (en 2014, ocupó el segundo lugar), el segundo de plata y el cuarto de cobre a nivel nacional, tal como se muestra en la Tabla 4.

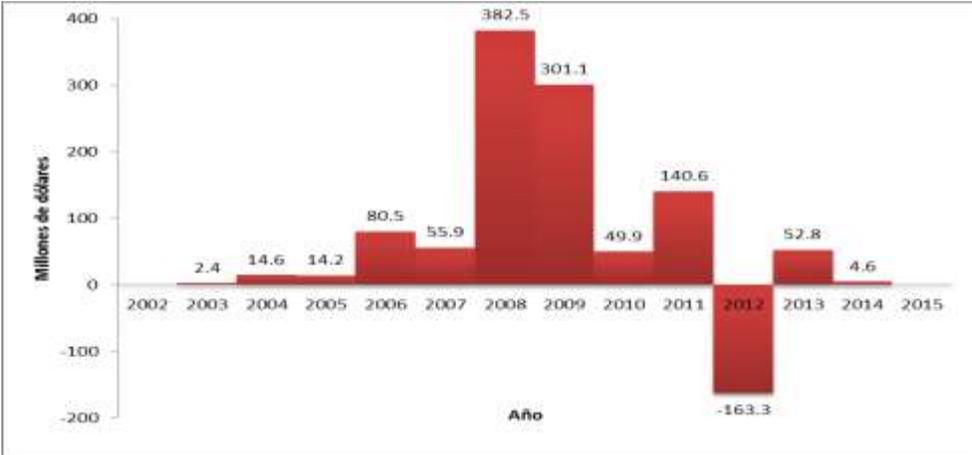
Tabla 4. Producción y participación nacional de minerales del estado de Chihuahua (Ton, 2012)

Elemento	Producción en Ton; oro y plata en Kg (2012)	Lugar de participación nacional
Oro (kg)	19,715.6	3
Plata (kg)	1,031,303	2
Cobre	15,819	4
Hierro	670, 847	7
Plomo	53,064	2
Zinc	125,995	2
Arcillas	578,999.5	6
Arena	2,972,822	9
Calcita	3,993.5	12
Caliza	2,304,861.3	10
Caolín	145,001	1
Dolomita	4,650	3
Fluorita	178	3
Grava	3,915,850	5
Pizarra	161,759.2	1
Rocas dimensionables	6,402	14
Sal	3,500	13
Yeso	163,772	10

Fuente: PROMEXICO, 2012.

Esta notable reactivación del sector en Chihuahua, ha provocado importantes flujos de Inversión Extranjera Directa, que en el año 2008 alcanzaron un récord de 382.5 millones de dólares, lo que se muestra en la Ilustración 10.

Ilustración 10. Inversión Extranjera Directa en la Minería de Chihuahua (mdd, 2008)



Fuente: (SE-SGM, 2014).

En la actualidad, las empresas internacionales continúan los trabajos de exploración y desarrollo que próximamente se integrarán a la producción en el estado. A continuación se muestran algunos de los proyectos más significativos que se encuentran actualmente en etapas de desarrollo o exploración en el estado de Chihuahua.

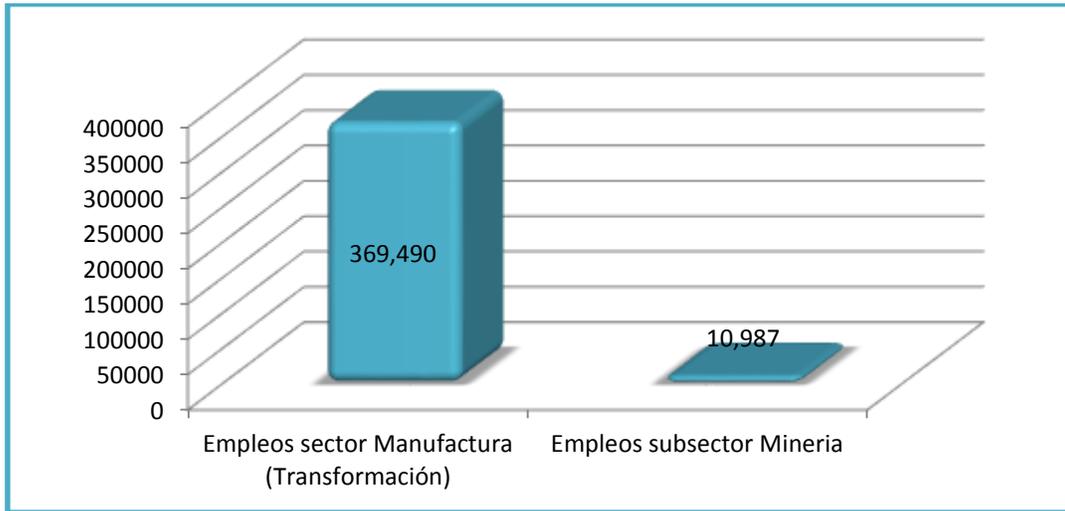
Tabla 5. Proyectos mineros del estado de Chihuahua

PROYECTO	MINERALES	ETAPA	LOCALIZACION	EMPRESA	PAIS
Cusi (San Miguel mine)	Cu	Desarrollo	Chihuahua	Sierra Metals Inc. / Pershimco Resources Inc.	Canadá / Cana
Monterde	Au, Ag	Desarrollo	Chihuahua	Invecture Group, SA de CV	México / Cana
Bahuerachi	Cu, Ag, Au, Zn	Desarrollo	Chihuahua	Jinchuan Group / Jinchuan Resources Ltd.	China / Canad
Terrazas	Cu, Zn	Desarrollo	Chihuahua	Andromeda Resources Inc.	Canadá
Camargo	Au, Ag, Pb, Zn	Exploración	Chihuahua	Mundoro Capital Inc.	Canadá
Encino Gordo	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Pan American Goldfields Ltd.	USA
Guazapares	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Pan American Goldfields Ltd.	USA
Sahuayacan	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Pan American Goldfields Ltd.	USA
La Virginia	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Pan American Silver Corp.	Canadá
Andrea	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Paramount Gold & Silver Corp.	USA
Morelos	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Paramount Gold & Silver Corp.	USA
San Miguel	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Paramount Gold & Silver Corp.	USA
Témoris	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Paramount Gold & Silver Corp.	USA
Namiquipa	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Primero Mining Corp. 65.7% / Goldcorp Inc. 34.3%	Canadá / Cana
Huizopa	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Primero Mining Corp. 80% / Minas de Coronado 20%	Canadá / Méxi
Candameña	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Prospector Consolidated Resources Inc.	Canadá
Baborigame	Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Prospero Silver Corp.	Canadá
Guadalupe / La Bufa	Cu, Au, Ag	Exploración	Chihuahua	Revolution Resources Corp.	Canadá
Lluvia de Oro	Au	Exploración	Chihuahua	Revolution Resources Corp.	Canadá
La Revancha	Ag	Exploración	Chihuahua	Scorpio Mining Corp.	Canadá
San José	Ag, Au	Exploración	Chihuahua	Scorpio Mining Corp.	Canadá
Tepozán	Ag, Au	Exploración	Chihuahua	Scorpio Mining Corp.	Canadá
Cristobal	Au, Ag, Pb, Zn	Exploración	Chihuahua	Serengeti Resources Ltd.	Canadá
Cuates	Ag, Cu, Au	Exploración	Chihuahua	Serengeti Resources Ltd.	Canadá
Dorado	Au, Ag, Pb, Zn	Exploración	Chihuahua	Serengeti Resources Ltd.	Canadá

Fuente: (SE-SGM, 2014).

Actualmente la gran minería en el estado de Chihuahua genera 10,987 plazas formales, las cuales representa el 2.9% del empleo de todo el sector Manufactura (Transformación), Ilustración 11.

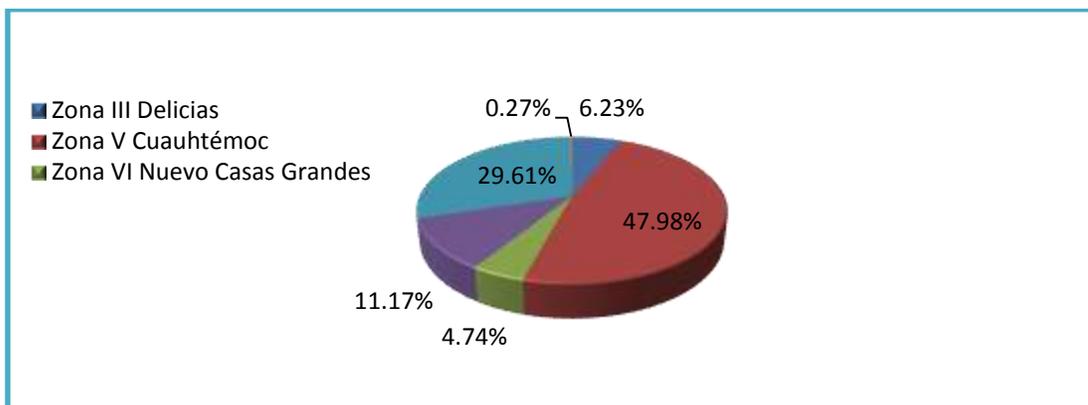
Ilustración 11. Empleos formales en el sector Transformación y subsector Minería, julio 2014



Fuente: Elaboración propia con base en datos de IMSS.

En la Ilustración 8, se presentan las regiones más privilegiadas por el empleo de la Gran minería: en primer lugar la ciudad de Cuauhtémoc con un 48% del empleo total de la minería en chihuahua, seguido por Hidalgo del Parral con un 30% y en tercer lugar se encuentra Delicias con un 11% como se muestra en la siguiente Ilustración.

Ilustración 12. Porcentaje de Empleos Formales del Subsector Minería por Diferentes Zonas en el Estado



Fuente: Elaboración propia con base en datos de IMSS, 2014.

En la Tabla 6, se muestra la participación de los estados en el valor de la Producción Minera Nacional hasta el año 2012 quedando ubicado en la tercera posición el estado de Chihuahua.

Tabla 6. Participación de los Estados en el Valor de la Producción Minera Nacional

Estado	Posición a Nivel Nacional	Valor de la Producción (Miles de Pesos en 2012)	Participación en el Valor Total Nacional (%)				Principales Minerales Concesibles Producidos Durante el Periodo, Agrupados por Orden Alfabético	
			2012	2011	2010	2009		2008
Sonora	1	70,906,986	0.3	27.6	22.9	21.8	26.5	Oro, Plata, Cobre, Grafito, Molibdeno, Wollastonita, Yeso
Zacatecas	2	62,962,079	0.2	24.9	22.9	18.5	15.6	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc
Chihuahua	3	34,143,323	0.1	11.6	14.0	14.6	15.1	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc, Caolín, Dolomita, Fluorita, Yeso
Coahuila	4	20,449,050	0.1	9.0	11.3	13.4	12.7	Plata, Cobre, Barita, Carbón no coquizable, Carbón Todo en Uno, Celestita, Coque, Dolomita, Fierro Pellets, Fluorita, Arena Silica, Yeso, Sulfato de Sodio, Sulfato de Magnesio
Durango	5	16,605,110	0.1	6.1	5.3	6.4	5.8	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc, Dolomita
San Luis Potosí	6	12,774,762	0.0	5.1	6.1	7.1	6.6	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc, Fluorita, Arena Silica, Yeso
Guerrero	7	10,656,110	0.0	4.3	4.7	4.5	3.4	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc, Yeso
México	8	4,636,929	0.0	1.8	1.9	2.3	2.1	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc
Colima	9	4,287,838	0.0	1.7	2.2	2.5	2.2	Fierro Pellets, Sal, Yeso
Oaxaca	10	3,727,372	0.0	0.8	0.2	-	-	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc
Michoacán	11	3,566,667	0.0	1.5	0.9	0.6	1.1	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Barita, Caolín, Coque, Diatomita, Fierro Pellets, Yeso
Baja California Sur	12	3,187,368	0.0	1.2	2.3	3.0	2.5	Fosforita, Sal, Yeso
Aguascalientes	13	1,848,646	0.0	1.0	1.3	1.0	1.5	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc
Guanajuato	14	1,845,365	0.0	0.5	0.5	0.9	1.2	Oro, Plata, Plomo, Cobre, Caolín, Feldespató, Arena Silica
Sinaloa	15	1,468,714	0.0	0.6	0.6	0.4	0.4	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc
Querétaro	16	1,393,603	0.0	0.4	0.5	0.6	0.6	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc
Hidalgo	17	1,348,002	0.0	0.5	0.8	0.4	0.4	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Zinc, Caolín, Manganeso
Veracruz	18	988,927	0.0	0.4	0.7	0.9	1.1	Manganeso, Sal, Arena Silica, Caolín
Jalisco	19	687,003	0.0	0.4	0.5	0.5	0.6	Oro, Plata, Cobre, Plomo, Barita, Caolín, Diatomita, Dolomita, Feldespató, Yeso
Nuevo León	20	534,821	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	Barita, Dolomita, Sal, Arena Silica, Yeso
Baja California Norte	21	216,179	0.0	0.2	-	-	-	Oro, Plata
Puebla	22	206,625	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	Feldespató
Nayarit	23	185,989	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	Oro, Plata, Caolín
Total		258,627,469	100%					

Fuente: (SE-CGM, 2008-2012).

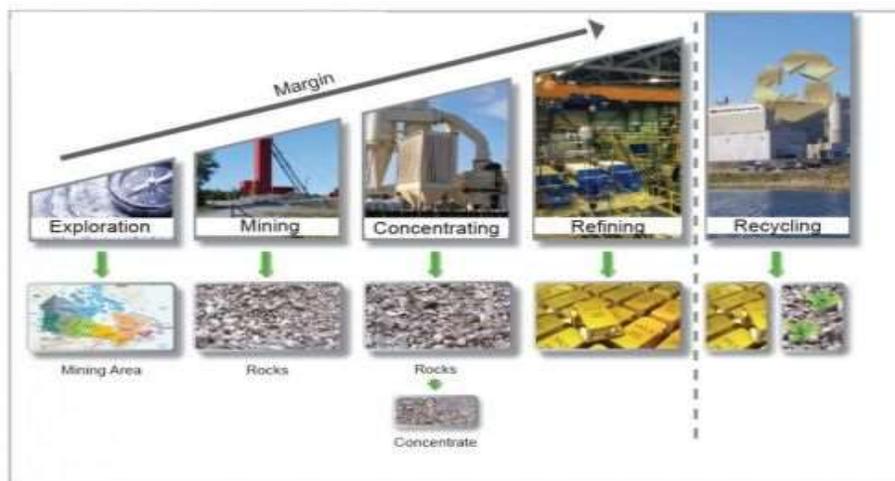
En el estado de Chihuahua actualmente existe un total de 42 plantas de beneficio de minerales metálicos, con una capacidad instalada de 120,170 Ton/día; actualmente se encuentran activas 28, con una capacidad de 116,255 Ton/día, representando el 97% de la

capacidad instalada y para la transformación de minerales no metálicos, se cuenta con 57 plantas, con una capacidad de 39,273 Ton/día.

Por otro lado, respecto a la cadena de valor de la industria en general, la minería es el primer eslabón de la cadena productiva de muchas industrias; actualmente la tendencia a nivel mundial es utilizar minerales para la creación de nuevas tecnologías. Al respecto, la plata se utiliza para crear aparatos electrónicos, convertidores catalíticos de automóviles, joyería, instrumentos médicos, ropa, herramientas fotográficas, entre otros por nombrar. El oro se usa como medicamento para tratar el cáncer, partes de computadoras, circuitos de naves aeroespaciales, joyería y como medio confiable de inversión. El uso de estos dos minerales para la producción de nuevas tecnologías dependerá del precio de los mismos, así como de la investigación y desarrollo de nuevos productos.

En lo que se refiere a las actividades de su propia cadena de valor, la extracción de los minerales representa el nicho de menores utilidades; la siguiente ilustración muestra las principales etapas de ésta esta cadena:

Ilustración 13. Cadena de Valor de la minería



Fuente: (United commodity, 2011)

En Chihuahua y en el país, el crecimiento del suministro de la minería en los últimos años, es consecuencia principalmente de la llegada de grandes empresas extranjeras, las cuales invierten en diferentes servicios o productos para poder llevar a cabo las diferentes actividades de extracción y transformación.

Para coordinar y enlazar a las empresas proveedoras primero se identificaron diferentes iniciativas conjuntas de entidades públicas y privadas relacionadas con la implementación y promoción de cadenas de suministro, lideradas por el Clúster Minero de Chihuahua (CLUMIN) el cual, en un período relativamente corto, ha logrado desarrollar una base de proveeduría local que abarca desde los servicios jurídicos o legales, hasta la proveeduría de algunos insumos de uso directo en las minas, pasando por algunos servicios especializados representados por ejemplo por la instalación de sistemas de transporte de personal y materiales al interior de las minas.

2.1.4 Principales tendencias de la innovación en el Área de Especialización a nivel mundial

Con la ayuda de algunos expertos del sector, se pudieron identificar en esta Agenda los procesos y equipos vanguardistas más utilizados por las empresas locales en la actualidad. Su clasificación fue dividida en tecnologías utilizadas en la **Gran Minería** y tecnologías utilizadas en la **Pequeña Minería**. A su vez, éstas se subdividen en **tecnologías de exploración, extracción y remediación**; resaltando que los nuevos programas de software han venido a revolucionar las distintas actividades del sector. La aplicación adecuada de las

diferentes tecnologías que a continuación se muestran, pueden ser factores de éxito futuro en el subsector minero del estado tanto para la grande como para la pequeña minería.

Gran Minería

Tecnologías de Exploración

La exploración minera consiste en realizar un pozo barrenado para extraer muestras de suelo que son analizadas por geólogos en laboratorios, para saber su composición. Para el caso de la perforación de pozos en esta fase, existen dos técnicas para su realización, rotopercutiva y rotatoria.

-Perforación rotopercutiva: este método de perforación de exploración también es muy común encontrarla en labores subterráneas y en trabajos menores a tajo abierto, básicamente se trata de un martillo que se ubica tanto en la cabeza de la máquina como en fondo de la perforación.

-Perforación rotatoria: este método de perforación es el más utilizado generalmente en el sector de la minería, se puede realizar de dos maneras, una es utilizando grandes brocas tricónicas en el fondo del pozo que van perforando y triturando la roca

Dentro de la exploración en la minería se han desarrollado técnicas para la obtención al momento de recoger el muestreo de la roca que posteriormente será explotada. Tanto en minas a cielo abierto o subterráneas, las tecnologías son las mismas permitiendo a los operadores de la maquinaria conseguir muestras de roca con mayor rapidez y más limpias de contaminantes externos.

También destacan las tecnologías de perforación de tipo: *aire reverso (circulación inversa)* y *perforación diamantina*, comunes actualmente en muchas compañías dedicadas a la exploración minera.

-Aire reverso: ésta técnica consiste en perforar un pozo en el suelo con unas brocas, que va dando empuje hacia arriba al material pulverizado mediante la inyección de aire abastecido por un compresor. La roca pulverizada se va depositando en contenedores que se encuentran ubicados en la superficie.

-Perforación diamantina: A diferencia de los otros dos métodos antes mencionados que consistían en triturar la roca para extraer la muestra, ésta se caracteriza por perforar la roca y posteriormente extraer núcleos de esta misma, lo cual muestra un estudio geológico que facilita mejor su estudio; este método es muy utilizado actualmente en la perforación minera por su eficacia.

Tecnologías de Explotación

La explotación es la fase siguiente a la exploración. Si en el análisis de las muestras obtenidas se presentan porcentajes convenientes de materiales minerales o no minerales se procede a la extracción de estos. Para tal efecto, se utilizan diversos métodos, equipo y materiales que a continuación se describen.

Método de extracción a cielo abierto: Se le denomina cielo abierto o tajo abierto a una operación de extracción en la cual las explotaciones mineras se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas, que se desarrollan por debajo.

Para la explotación de una mina a cielo abierto es necesario excavar con medios mecánicos o con explosivos los terrenos que recubren o rodean la formación geológica formada por el yacimiento, es decir, la zona geográfica que anteriormente fue explorada. Este material se denomina, genéricamente, *estéril*, porque no contiene valor mineral. Es el material que se retira mientras que a la formación por explotar se le puede llamar *mineral*, que es el material de valor para las compañías.

El material estéril excavado es necesario apilarlo en escombreras fuera del área final que ocupará la explotación, con vistas a su utilización en la restauración de la mina una vez

terminada su explotación. Las minas a cielo abierto son económicamente rentables cuando los yacimientos afloran en la superficie o cuando solo tienen un recubrimiento pequeño; también cuando es factible realizar la extracción debido a que la capacidad del terreno no es estructuralmente adecuada para trabajos subterráneos. Cuando la profundidad del yacimiento aumenta, la ventaja económica del cielo abierto disminuye en comparación con la minería subterránea.

A continuación se ilustran algunos de los equipos utilizados para las explotaciones a cielo abierto en una mina, tales como excavadoras, trituradoras y maquinaria de acarreo de materiales.

- **Excavadoras de rueda de cangilones (BWE):** Son equipos pesados utilizados en minería a cielo abierto y la ingeniería mecánica ingeniería civil. La función principal del BWE es actuar como una máquina de excavación continua en las operaciones de minería a cielo abierto a gran escala.
- **Excavadora de cadena de cangilones:** Para el arranque de materiales blandos y semiduros como arcilla, arena, grava, marga y sus mezclas, así como lignito y hulla. Las excavadoras de cadena de cangilones son equipos continuos de minería de superficie, que pueden trabajar sin problemas incluso con subsuelo inestable y elevado nivel de aguas subterráneas. Gracias a la posibilidad de extraer por debajo del nivel del banco, puede trabajar incluso dentro del agua.

Método de extracción subterránea: El método de explotación subterránea es utilizado cuando las zonas en donde se encuentra el mineral (vetas o cuerpos de mineral) son angostas y profundas y es factible en lo técnico y económico para hacer la explotación, es decir, por la profundidad en la que se encuentra el mineral es conveniente realizar túneles y socavones para posibilitar su extracción.

Una vez realizado el proceso de exploración en la minería es necesario aplicar explosivos en los terrenos en áreas estratégicamente programadas para empezar la extracción del mineral.

Dentro de los procedimientos de la detonación en una mina ya sea subterránea o tajo abierto encontramos una variedad de tecnologías empleadas para este tipo de labor, desde la dinamita hasta maquinaria que realiza pequeños barrenos para depositar los explosivos en ello. Esta actividad cobra relevancia en el análisis de los procesos que existen en una mina, ya que si no se realizaran detonaciones para fracturar el terreno, no sería posible la extracción del mineral. A continuación se describen las principales tecnologías empleadas en este proceso.

- **Perforadoras para voladuras mineras:** Existen variables en todos los tipos de modelos que fueron concebidos para realizar barrenos para la voladura minera desde las que se utilizan en tajo abierto a los subterráneos, su mecánica es rotativa al momento de perforar y su función es preparar un agujero no muy profundo en el suelo para depositar los cartuchos de dinamita.
- **Sistemas electrónicos de voladuras:** De acuerdo con (Copco, 2014) los sistemas electrónicos de voladuras constituyen una innovadora tecnología que permite, no sólo una precisión 1,000 veces mayor en un tiempo significativamente más flexible que los detonadores tradicionales pirotécnicos, sino además, un mejor control energético. Utilizado adecuadamente, permite ganancias significativas a través de la mejora de la fragmentación, formación de pilas, control de vibraciones, grandes voladuras, mejorar las condiciones de las paredes o caras y reducir el quiebre, el peligro y los soportes a tierra.

Tecnología de extracción del material: La extracción del mineral en la explotación subterránea se realiza después de haber aplicado todas las tecnologías anteriormente

mencionadas, con el fin de mover grandes cantidades de tierra en la cual se encuentra el material productivo que en este caso se trata de metales u otros tipos de minerales encontrados en el suelo.

Tecnologías para la remediación: Una vez que se van descartando espacios o rutas de extracción las compañías mineras deben realizar acciones de remediación del medio físico y ambiental que se ha explotado durante las operaciones. Se deben cubrir los huecos en la tierra cuando es a cielo abierto o rellenar los tiros de mina que ya no serán explorados. La prevención a la contaminación de suelos y aguas subterráneas es otra estrategia de cuidado medioambiental que debe seguirse mediante diversas tecnologías, como:

- **Geo-membranas en pilas de lixiviación:** Las geo-membranas son tejidos poliméricos impermeables, que por lo general se fabrican en hojas flexibles y continuas. Su utilización es con el propósito de evitar la contaminación del agua subterránea en la industria minera. Las geo-membranas se encuentran en una serie de presentaciones y con propiedades físicas, mecánicas y de resistencia química, diseñadas para satisfacer las necesidades de una amplia gama de funciones. Diferentes combinaciones de estas cualidades existen en varios materiales geo-sintéticos para cubrir un amplio espectro de utilidades geotécnicas.
- **Software minero:** Desde la creación de las computadoras ha sido necesario programarlas para que su uso sea posible y así efectuar tareas en diversas áreas de la producción, es así como se ha concebido y especializado software para la minería que ayuda en mucho a la elaboración de mapas geológicos, exploración y gráficos de túneles con lo cual están conformadas las minas subterráneas, es por eso que haremos mención a esta importante parte de la operación minera y el posible carácter competitivo que puede tener en el estado, ya que una posible licitación de sectores en el estado dedicado a la elaboración de software pueden tener una

presencia considerable en el sector minero, algunos de los programas más utilizados actualmente son:

- **Geosoft Incorporated:** Es un software de desarrollo y servicios de la empresa con sede en Toronto, Canadá. La compañía proporciona geofísica y geológica de software y tecnología de servidor geoespacial para geo científicos profesionales implicados en los recursos naturales de exploración y afines ciencias de la tierra como lo es la minería.
- **Geosoft Mapping software:** Es una plataforma espacial software de procesamiento de la información y la cartografía de la geofísica de exploración y modelización geológica aplicada a la exploración de recursos. El sistema se extiende por los usuarios para cumplir con los requisitos específicos de exploración usando el GX Developer. Geosoft se utiliza en la exploración de minerales para administrar y ver modelos de exploración, perforación e información como parte de la definición de los depósitos minerales de importancia económica para la minería.
- **Geosoft Extensión ArcGIS:** ArcGIS es un explorador de datos y genera mapas para su presentación, agregando la exploración espacial y su recopilación de datos, la cartografía y el análisis de la capacidad de datos geoespacial para el GIS medio, también permite a los geo científicos importar, validar y analizar la superficie o sondajes geoquímicos de datos dentro del entorno ArcGIS.

Pequeña Minería

La innovación en este tipo de actividades mineras, radica en el diseño de equipos a escala para las dimensiones de las áreas de explotación. Cabe resaltar que las tecnologías

desarrolladas enfocadas para la pequeña minería son más económicas con respecto a las utilizadas convencionalmente por la gran minería de esta industria.

2.2 Energías Alternativas

2.2.1 Breve descripción del Área de Especialización

El **sector energético** de una nación se refiere al sector de actividades primarias, secundarias y terciarias destinadas a la producción, transportación, innovación, manejo y venta de los productos energéticos del país. Los recursos energéticos de un país difieren según la abundancia y variedad de los recursos naturales del área. Entre los recursos energéticos más explotados se encuentran el petróleo, el gas natural, el carbón, etc. También existen diversos tipos de productos energéticos producidos de varias formas como lo son las energías renovables.

En tecnología y economía una fuente de energía es un recurso natural, y el concepto puede incluir la consideración de la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial y económico del mismo. La energía en sí misma nunca es un bien para el consumo final sino un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios. Al ser un recurso escaso, la energía es fuente de conflictos para el control de los recursos energéticos.

Es común clasificar las fuentes de energía según incluyan el uso irreversible o no de ciertas materias primas, como combustibles o minerales radioactivos. Según este criterio se habla de dos grandes grupos de fuentes de energía explotables tecnológicamente: las renovables y las no renovables

Definición de Energías Renovables

Las energías renovables (Tabla 6) son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua (LAERFTE, Art. 3, Frac. II) (DOF, 2013).

Las fuentes renovables de energía perdurarán por miles de años. Las energías renovables se pueden clasificar de distintas formas: por su origen primario de la energía, por el nivel de desarrollo de las tecnologías y por las aplicaciones de las energías.

Tabla 7. Las Energías Renovables

	Origen primario de la energía			Nivel de desarrollo de las tecnologías			Aplicaciones		
	Energía del sol ³	Calor de la corteza terrestre	Movimiento relativo de la luna y el sol	Tradicional / maduro	Nueva	En proceso de desarrollo	Electricidad	Calor ⁴	Combustibles líquidos ⁵
Eólica									
Radiación solar									
Hidráulica									

³ La mayoría de las fuentes de energía tienen a la energía del sol como origen de forma indirecta. Por ejemplo, en el caso del viento, la radiación solar calienta masas de aire, lo que a su vez provoca su movimiento.

⁴ Todas las fuentes renovables pueden ser utilizadas para generar electricidad, y a partir de ésta producir calor o energía para el transporte, pero aquí se muestran sólo aquellas fuentes que pueden tener estas aplicaciones de manera directa.

⁵ La bioenergía se utiliza tradicionalmente como combustible desde hace milenios. Sin embargo, existen también tecnologías para su aprovechamiento para generar electricidad o para la producción de biocombustibles, que son relativamente nuevas o que están en proceso de desarrollo.

	Origen primario de la energía			Nivel de desarrollo de las tecnologías			Aplicaciones		
	Energía del sol ³	Calor de la corteza terrestre	Movimiento relativo de la luna y el sol	Tradicional / maduro	Nueva	En proceso de desarrollo	Electricidad	Calor ⁴	Combustibles líquidos ⁵
Bioenergía					6				
Geotermia						7			
Olas									
Mareas									
Corrientes oceánicas			8						
Otras energías oceánicas ⁽⁶⁾									

Fuente: SENER 2010a; ProMexico, 2012.

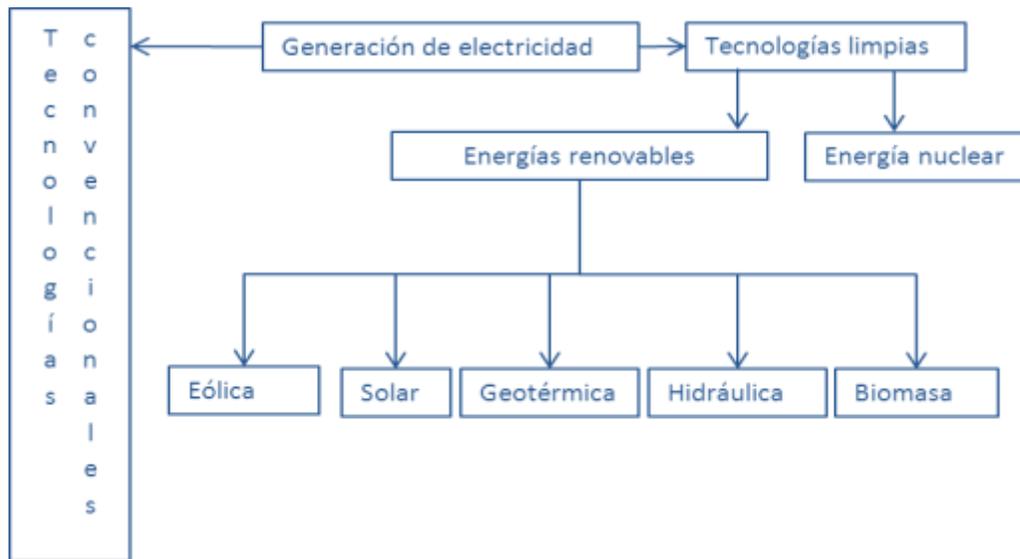
Así, el área de Energías Renovables está constituida por todas las formas de energía que se renuevan de forma continua. Algunas de éstas son: el sol, el viento, el agua, la biomasa y el calor proveniente del núcleo de la Tierra (Ilustración 14).

⁶ La geotermia se aprovecha tradicionalmente de varias maneras, y existen además tecnologías en desarrollo, tales como la de rocas secas y la geotermia submarina.

⁷ Las corrientes oceánicas se deben a diversos factores: viento, diferencias en temperaturas, diferencias en salinidad, rotación de la tierra y mareas.

⁸ Otras energías oceánicas incluye el gradiente térmico oceánico y el gradiente de concentración de sal (en desembocaduras de ríos).

Ilustración 14. Generación de electricidad por tipo de tecnología



Fuente: (ProMéxico, 2013)

Dependiendo del tipo de fuente utilizada, las Energías Renovables se clasifican en:

- **Geotérmica:** Es la energía proveniente del núcleo de la Tierra en forma de calor; ésta fluye a través de fisuras en rocas y se acerca a la superficie, donde su acumulación depende de las condiciones geológicas del lugar.
- **Eólica:** es la energía del viento transformada en energía mecánica o eléctrica.
- **Hidráulica:** es la generación de electricidad a partir de la energía producida por el agua que corre al salvar el desnivel natural o artificial existente entre dos puntos. Puede referirse a grandes aprovechamientos hidroeléctricos o a micro centrales que funcionan a partir de pequeñas corrientes.
- **Solar:** la energía proveniente de la radiación del sol se divide, de acuerdo a la tecnología utilizada, en:

- Fotovoltaica: es la transformación de la radiación solar en electricidad a través de paneles, celdas, conductores o módulos fotovoltaicos, elaborados principalmente de silicio y formados por dispositivos semiconductores.
- Solar de alta concentración: paneles parabólicos que concentran la radiación solar para transformarla en energía eléctrica.
- Térmica: es el aprovechamiento de la radiación solar para la captación y almacenamiento de calor a través de colectores termosolares.
- **Biomasa:** es la energía que se obtiene de residuos animales y vegetales. Como energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras: quemándola para producir calor o transformándola en combustible (sólido, líquido o gaseoso). (ProMéxico, 2013)

La tendencia en el uso de energías alternas y renovables es muy favorable. Como se puede observar en la Tabla siguiente, se estima que en 2010 una quinta parte de la producción de energía del mundo provino de fuentes renovables y con estimaciones positivas se prevé que para el 2035 ascienda a cerca de la mitad de lo producido (ProMéxico, 2013).

Tabla 8. Estimación de la producción mundial de energía durante 2010 y proyección para 2035.

Tipo de energía	TWH producidos en 2010	TWH que se esperan producir en 2035
Bioenergía	331	2,033
Hidráulica	3,431	6,263
Eólica	342	4,281
Geotérmica	68	449
Solar fotovoltaica	32	1,371
Solar de alta concentración	2	815
Mareomotriz	1	82
Total	4,207 (20% de lo producido)	15,294 (48% de lo que se producirá)

Fuente: (ProMéxico, 2013)

2.2.2 Distribución del Área de Especialización en México

De acuerdo con la Unidad de Inteligencia de Negocios de Proméxico (2013), México tenía en 2012 una capacidad instalada de 14,501 MW de generación basada en energías renovables (80.7% de hidráulica, 8.9% de eólica, 5.7% de geotérmica, 4.4% de biomasa y 0.3% de solar).

Se ha planteado una meta de participación de generación de electricidad con tecnologías no dependientes de combustibles fósiles del 35% a 2024. Esta transición de la matriz energética incluye el uso de la energía nuclear y las fuentes renovables (SENER, 2013).

De acuerdo con la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, “México dispone de un potencial renovable indiscutible, con un amplio porfolio de recursos (eólico, solar, geotérmico, biomasa e hídrico). Derivado de lo anterior, deben ser impulsadas las diferentes tecnologías para su aprovechamiento, en sus diferentes etapas de desarrollo, de modo que estos recursos puedan ayudar en la diversificación de la matriz energética, la eficiencia del uso de recursos no renovables y la reducción de importaciones de energéticos”.

En el marco de la citada estrategia, se “ha estimado que un Escenario Competitivo, en el que se instalasen más de 18,000 MW renovables a 2018 en el país, generaría una apuesta decidida de nuevas inversiones por parte del sector privado y contribuiría a la vertebración y desarrollo social de las distintas regiones con recurso competitivo. El escenario señalado generaría un incremento del PIB de más de 230,000 mdp, equivalente a cerca del 2,0% del PIB del año 2011, generando más de 70,000 empleos. En términos medioambientales su aprovechamiento situaría la participación de las energías limpias en el 29% de la capacidad de generación en 2018 y mitigaría la emisión de 17 MtCO₂.”

En este marco, se estima que para 2026, se alcanzará una capacidad total instalada superior a 30,000 MW⁹ para la generación de electricidad a partir de Energías Renovables. Se prevé un incremento de 20,544 MW (2012-2026) en la capacidad instalada existente, liderado por las energías eólica e hidráulica con una participación de 59 y 28% respectivamente. Este pronóstico incluye las modalidades de servicio público, autoabastecimiento y generación distribuida (Tabla 9).

Tabla 9. Capacidad instalada adicional para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables 2012-2026 (MW)

Tipo de energía	Servicio Público	Autoabastecimiento	Generación distribuida	Total	Participación
Eólica	3,219	8,352	461	12,032	59%
Hidráulica	4,771	701	139	5,611	27%
Solar					
- <i>Fotovoltaica</i>	6	752	1,170	1,928	9%
- <i>Termosolar</i>	14	0	16	30	0%
Geotérmico	151	0	25	176	1%
Biomasa	0	422	345	767	4%
Total	8,161	10,227	2,156	20,544	100%

Fuente: (ProMéxico, 2013)

Actualmente el país tiene 253 centrales en operación y en construcción para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables. Los proyectos de Energías Renovables tienen presencia en el 90% de las entidades federativas del país; sin embargo, Oaxaca y Veracruz son los estados con mayor número de proyectos, eólicos y de bioenergía respectivamente (ver Ilustración 15).

⁹ Para calcular la capacidad total en 2026 se debe sumar los 20,544 MW a la capacidad instalada de 2011.

Ilustración 15. Proyectos en operación y en construcción para la generación electricidad con Energías Renovables 2012



Fuente: (ProMéxico, 2013)

México cuenta con una capacidad de 5,951 MW, tomando en cuenta las centrales en operación y en construcción. Los estados de Oaxaca, Baja California, Tamaulipas y Veracruz concentran cerca del 75% de la capacidad (Tabla 10).

Tabla 10. Centrales para la generación de electricidad con Energías Renovables 2012 (MW)

Estado	Bioenergía	Eólica	Geotérmica	Hidráulica (< a 30 MW)	Solar*	Total
Oaxaca	33	2,499	-	39	-	2,571
Baja California	-	258	645	24	5	932
Tamaulipas	13	437	-	-	-	450
Veracruz	270	40	-	124	-	434
Nuevo León	28	274	-	-	-	302
San Luis Potosí	81	200	-	-	1	282
Michoacán	15	-	192	4	-	210
Jalisco	61	-	-	58	30	149
Chiapas	25	39	-	60	-	124

Estado	Bioenergía	Eólica	Geotérmica	Hidráulica (< a 30 MW)	Solar*	Total
Puebla	15	-	52	39	-	106
Otros	205	2	10	118	156	492
Total	745	3,749	898	467	192	6,052

*Se excluyen las centrales hidroeléctricas mayores a 30 MW. Las cifras están redondeadas.

Fuente: (ProMéxico, 2013).

2.2.3 Posicionamiento del estado en el Área de Especialización

La radiación solar promedio en México es de 5 kilowatts hora por metro cuadrado, lo cual permitiría que las viviendas del territorio nacional recibieran suficiente energía solar para producir hasta 200 veces lo que consumen. Con un área de 10 kilómetros cuadrados en el desierto, se podría generar suficiente energía para todo México.

Chihuahua es un estado con un alto potencial para la generación de energía alternativa (Medina, 2011), desde para abastecer a los domicilios que no tienen el servicio de electricidad, hasta para que sea aprovechada para otros fines: ranchos, pequeños negocios, industria, o en las comunidades rurales.

El estado de Chihuahua tiene un enorme potencial de energía solar con los niveles de irradiación más altos del mundo, al grado que Chihuahua podría llegar a convertirse en la reserva más grande del planeta de la industria solar, de acuerdo a Raúl Orpinel Guerra, presidente de la Asociación Nacional de Energía Solar, Sección Chihuahua.

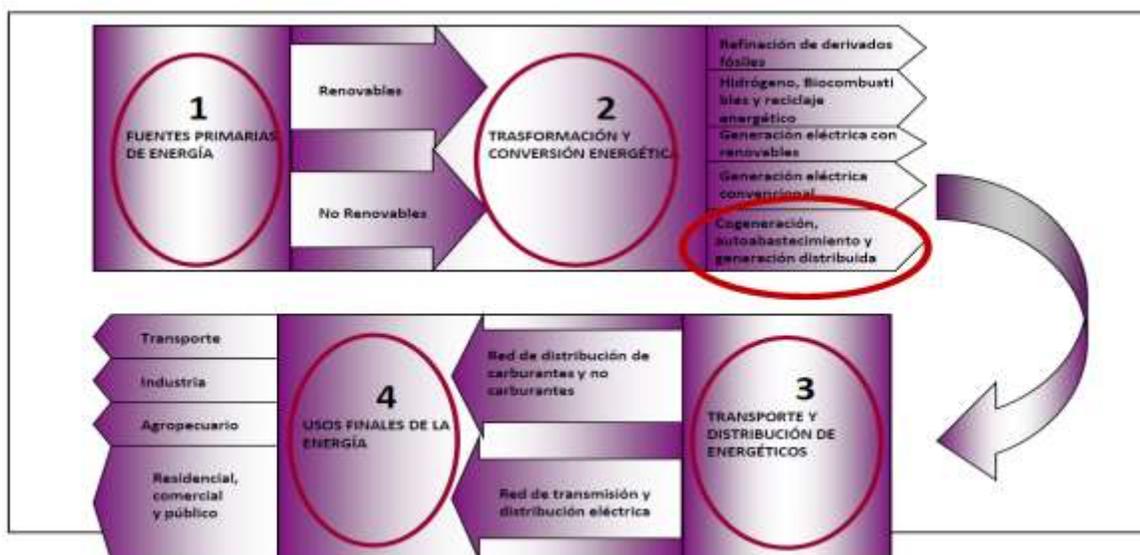
Chihuahua se ubica geográficamente en una zona privilegiada del planeta para el aprovechamiento de fuentes de energía alternativas: recibe casi el doble de radiación solar que Alemania y, sin embargo, Alemania es el país que tiene más generación de energía solar per cápita. El territorio de Chihuahua es mayor que el de Alemania, por ende, se entiende que existe un importante potencial de generación en el estado.

Asimismo, la entidad también cuenta con alto potencial eólico, principalmente en la zona norte. Como referencia, el estado de Texas genera más mega watts en toda la Unión Americana con energía eólica; mientras en Chihuahua aún se explora el aprovechamiento de las masas de aire en movimiento, ya que se reúnen las condiciones climatológicas necesarias.

Otras fuentes energéticas alternativas que se encuentran en desarrollo son: el aprovechamiento de gas metano producto de la fermentación de materia orgánica que se acumula en el relleno sanitario municipal de Ciudad Juárez, y se explora el aprovechamiento de los yacimientos de gas shale identificados en el territorio estatal.

Por otro lado, de acuerdo con Asociación Nacional de Energía Solar (ANES, 2009), la cadena de valor de este sector es similar a la de otros productos y servicios, pasando por diferentes etapas de generación, transformación, transmisión y distribución (Ilustración 16).

Ilustración 16. Ilustración de la cadena de valor de la energía



Fuente: (ANES, 2009)

Se puede integrar innovación de alto impacto en el almacenamiento, transmisión y distribución, o bien en la provisión de servicios de acompañamiento de todo el proceso. La Tabla 11 muestra las necesidades de recursos humanos en diferentes segmentos de la cadena de valor, lo cual nuevamente pone de manifiesto la necesidad de abordar el análisis de la innovación con una perspectiva multidisciplinaria y holística.

Tabla 11. Ocupaciones en determinados subsectores de las energías renovables según el segmento de la cadena de valor

Elementos de la cadena de valor	Ocupaciones	
Fabricación y distribución de equipos (Energía Eólica)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingenieros en investigación y desarrollo (informática, electrónica, medio ambiente, mecánica, diseño de energía, eólica) (A) • Ingenieros de software (A,M) • Modeladores (prueba de prototipos) (A, M) • Mecánicos industriales (M) • Ingenieros industriales (A) • Técnicos industriales (M) • Operadores industriales (B) • Expertos en garantía de calidad (A, M) 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificadores • Profesionales de logística (A, M) • Operadores logísticos (B) • Transportistas de equipos (B) • Profesionales de compras (A, M) • Especialistas de marketing (A, M) • Personal de ventas (A, M)
Desarrollo de proyectos (Energía Solar)	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñadores de proyectos (ingenieros) (A) • Arquitectos (A) (pequeños proyectos) • Científicos atmosféricos y meteorólogos (A) • Especialistas en evaluación de recursos y evaluadores de instalaciones (A) • Consultor ambiental (A) • Abogados, representantes de programas gubernamentales, financiadores de deuda (A) • Promotores / facilitadores (A, M) 	<ul style="list-style-type: none"> • Asesores en ordenación territorial (A) • Negociadores de aprovechamiento territorial (A) • Grupos de presión (A) • Mediadores (A) • Representantes de ONG ambientales y sociales (A, M) • Responsables de relaciones públicas (A) • Profesionales de compras (A, M) • Especialistas en evaluación de recursos (A)
Construcción e instalación (Energía hidroeléctrica)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingenieros (civiles, mecánicos y eléctricos) (A) • Gerentes de proyecto (A) • Trabajadores de la construcción calificados (operadores de maquinaria pesada, soldadores, montadores de tuberías, etc.) (M) 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolladores de negocios (A) • Ingenieros de puesta en servicio (electricidad) (A) • Trabajadores del transporte (B)

Elementos de la cadena de valor	Ocupaciones	
	<ul style="list-style-type: none"> • Peones de la construcción (B) 	
Funcionamiento y mantenimiento (Energía geotérmica)	<ul style="list-style-type: none"> • Gerentes de planta (A) • Ingenieros de medición y control (A) • Soldadores (M) • Instaladores de tuberías y fontaneros (M) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinistas (M) • Electricistas (M) • Operadores de equipos de construcción (M) • Técnicos de calefacción y aire acondicionado (M)
Producción de biomasa (Bioenergía)	<ul style="list-style-type: none"> • Científicos agrícolas (A) • Gerentes de producción de biomasa (A, M) • Criadores de plantas y silvicultores (A, M) 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajadores agrícolas forestales (B) • Trabajadores del transporte (B)
Actividades transversales / de capacitación (todos los sectores)	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables de políticas y trabajadores de oficinas gubernamentales (A, M) • Personal de asociaciones comerciales y profesionales (A, M, B) • Educadores y formadores (A) • Gestores (A, M, B) • Administradores (A, M, B) • Editores y escritores de temas científicos (A, M) 	<ul style="list-style-type: none"> • Representantes de aseguradoras (A, M) • Profesionales de TI (A, M) • Profesionales de recursos humanos (A) • Otros profesionales financieros (contables, auditores y financistas) (A) • Consultores en salud y seguridad (A, M) • Especialistas en ventas y marketing (A, M) • Clientes (A, M, B)

A: Altamente calificados (profesionales/directivos); M: Calificación media (técnicos/obreros calificados/personal de supervisión); B: Baja calificación.

Fuente: (OIT, 2011)

2.2.4 Principales tendencias de la innovación en el Área de Especialización a nivel mundial

El desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, es una demanda actual a nivel mundial. Principalmente, se identifican tres tendencias en I+D para el sector:

1. **Tecnologías para la generación eléctrica;** donde se incluyen las diferentes fuentes de energía, alternativas y renovables.

2. **Tecnologías para la generación de combustible;** desarrolladas como alternativa a los combustibles fósiles. Principalmente con fines térmicos.
3. **Proveeduría y mantenimiento;** ésta es el área con mayor enfoque innovador actualmente. Se identifican las investigaciones, desarrollos tecnológicos y procesos de evaluación y validación en temas sobre desarrollo de materiales e infraestructura, así como en mejoramiento de la eficiencia de los sistemas.

Respecto de esta última tendencia, se mencionan a continuación algunos ejemplos mundiales para el desarrollo de capacidades en el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

- **Desarrollo de materiales.** La I+D sobre nuevos materiales es una tendencia común a varias áreas de la industria. En el caso de las tecnologías para el aprovechamiento de Energías Renovables, el desarrollo de materiales es un factor habilitador clave para la eficiencia de los sistemas, la reducción de costos de instalación, mantenimiento y generación energética, así como en la congruencia con los principios de la generación de energía limpia.

La investigación sobre energía solar se ha dividido en dos grupos, en la búsqueda por captar la energía solar de forma más barata. Algunos investigadores se enfocan en obtener células solares de fabricación a precios muy bajos, pero que tienen la desventaja de ser relativamente ineficientes. Últimamente, un mayor número de investigadores se ha centrado en el desarrollo de células de muy alta eficiencia, a pesar de que requieran técnicas de fabricación más caras (Bullis, 2013).

Un nuevo material parece obtener lo mejor de ambas tendencias: células solares muy eficientes, pero también baratas de fabricar. Martin Green, de la Universidad de Nueva Gales del Sur, Australia, desarrolla un recubrimiento innovador de base mineral fotosensible: la perovskita, un material con capacidad para absorber luz

solar visible e infrarroja, que permite su manipulación integrando una película cristalina a temperaturas mucho más bajas que las películas a base de silicio actuales (Bullis, 2013; CIDET, 2014).

Desde las primeras películas de perovskita, fabricadas en 2009, las actuales de mayor eficiencia presentan una tasa de conversión de energía solar a electricidad del 17.9%, lo cual ya representa un factor competitivo con las películas convencionales de telurio de cadmio y silicio (CIDET, 2014). Las investigaciones recientes de Michael Grätzel y Nam-Gyu Park, proponen un método para controlar el crecimiento de los cristales de perovskita, principal factor de eficiencia en estas películas minerales. Sus resultados sobre el tamaño de los cristales han obtenido células de perovskita con eficiencia promedio de 16.4%, y estiman que existe el potencial para alcanzar un 20% de eficiencia (CIDET, 2014).

En otro ejemplo, investigadores de la Universidad de Ohio State, EUA, trabajan en el desarrollo de un dispositivo que actúa como célula solar y batería recargable. Los dispositivos actuales emplean por separado, un panel solar para capturar la luz y una batería para almacenar la energía. El desarrollo de Yiyang Wu y su equipo, presenta una hibridación de ambos dispositivos: esta “batería solar” consiste en un panel de malla solar que permite la entrada de aire para que la interacción entre el oxígeno y la luz solar activen las reacciones químicas necesarias para la transferencia de electrones entre el panel solar y un electrodo en la batería (ABC.es, 2014).

- **Nueva infraestructura.** El desarrollo de infraestructura se concibe desde la tecnología a gran escala para aumentar la captación de energía por unidad de superficie; hasta el mejoramiento de los dispositivos actuales para reducir los costos de instalación y operación de los diversos sistemas.

Por ejemplo, en Estados Unidos se instaló la mayor planta solar térmica en el mundo, denominada “complejo Ivanpha”, que abarca un área de 13 km² sobre el Desierto de Mojave. Con tres torres de 139 m de altura y los más de 300,000 espejos automatizados, pueden generar 392 megawatts (MW), a través de la captación de calor para calentar agua hasta el punto de ebullición que alimenta a turbinas generadoras de electricidad (ABC.es, 2014).

También destaca el proyecto en proceso del Laboratorio de Investigación Naval de EUA (NRL, por sus siglas en inglés), para la construcción de un módulo espacial para captar y transmitir energía solar desde el espacio. Este proyecto considera integrar un panel fotovoltaico, un dispositivo electrónico que convierte la energía solar en radiofrecuencias y una antena dirigida a la Tierra, en una estructura que orbitará el planeta. Entre los resultados esperados se considera el desarrollo de capacidades para captar energía solar, sin interferencia de los días nublados o los períodos de noche como se presentan en la tierra, además de disminuir los costos por kilowatt-hora (NRL News, 2014).

En el caso de tecnologías para aprovechar la energía eólica, se encuentran los diseños de aerogeneradores de mayor dimensión (Hyperwind de Statoil, en Noruega; LM Wind Power en Dinamarca). El proyecto Hyperwind (Statoil, 2014) consiste en desarrollar el primer aerogenerador flotante a gran escala en el mundo, que captaría la energía del viento en altamar, potencialmente con mínimo impacto ambiental negativo. Actualmente, el proyecto se encuentra en la fase de validación y mejoramiento del diseño, previo al modelo comercial.

Por su parte, LM Wind Power, es una empresa danesa líder en de innovación y desarrollo en el aprovechamiento de la energía eólica en el mundo. Compite también con el desarrollo del molino eólico más grande del mundo, en convenio con Alstom, la multinacional francesa, con el objetivo de reducir el costo en el

aprovechamiento de energía eólica en regiones marinas. Esta empresa ha sido signatario del Pacto Mundial de la ONU desde finales del 2010 (LM Wind Power, s/a).

En Japón, Yuji Ohya, profesor de la Universidad de Kyushu, ha diseñado un nuevo concepto sobre aerogeneradores. Consiste básicamente en una turbina acoplada en un aro que semeja un “lente” intensificador del flujo de viento que incide sobre ella, incrementando potencialmente hasta en tres veces la cantidad de energía obtenida, en comparación con los generadores eólicos convencionales (El constructor, 2012).

- **Eficiencia de los sistemas.** De acuerdo con Mark Jacobson (2009), en su estudio sobre comparación de Energías Renovables, es de esperar que la combinación de estas tecnologías avance como una solución para el calentamiento global, la contaminación del aire y la seguridad energética.

El ingeniero de la Universidad de Stanford en EUA, identificó a la energía eólica como la opción más deseable, en segundo lugar, a la energía solar concentrada (por sus siglas en inglés, CSP), seguida por la energía geotérmica, la mareomotriz y la undimotriz, en función de 11 criterios para evaluar los beneficios que ofrecen a la sociedad y al planeta (Jacobson, 2009). De su análisis también se desprende que los biocombustibles basados en etanol causarían más perjuicio a la salud humana, a la biodiversidad y al suministro de agua que los actuales combustibles fósiles.

Por lo anterior, se evidencia la importancia de garantizar la eficiencia de los sistemas de aprovechamiento de fuentes de Energía Renovable, tanto en la generación de electricidad como de combustibles.

De acuerdo con Paulina Beato (Beato, 2010)(Agenda Ciudadana, 2010), una tendencia indispensable por abordar en el aprovechamiento de fuentes de energía renovables es el almacenamiento eficiente de energía para el uso continuo

equiparable a la demanda rutinaria de este insumo, tal como lo expresa en su participación en la convocatoria “Reto 2030”.

Considerando que la captación de energía a partir de algunas fuentes renovables (viento o sol) puede presentar interrupciones cíclicas; la energía eólica depende del movimiento fluctuante de las masas de aire, mientras que la energía solar evidentemente sólo ha podido ser captada durante las horas luz de cada región, fluctuando la irradiancia de acuerdo con la posición geográfica y la época del año, además de algunas limitantes durante los días nublados y lluviosos. En comparación con el uso continuo de la energía por la humanidad, resulta necesario el desarrollo de sistemas de almacenamiento de la energía generada por las fuentes renovables (Agenda Ciudadana, 2010).

Actualmente, el aprovechamiento de energía a partir de fuentes renovables, debe consumirse en el mismo momento que se produce, por lo que resulta ineficiente desde la perspectiva del uso comercial.

En este sentido, como ejemplo de tendencia sobre la eficiencia de sistemas, un equipo de investigadores en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), desarrollaron un sistema innovador para el almacenamiento de energía solar, utilizando nanotubos de carbono en combinación con azobenceno. El uso de este material, supone mayor eficiencia en la capacidad de almacenamiento de energía (10,000 veces más densidad volumétrica de energía) y menor costo en el proceso y en el material empleado, comparado con la tecnología usual hasta el momento: rutenio (Tendencias21, 2011).

También se identifican las oportunidades de innovación sobre necesidades de mantenimiento a los sistemas y granjas energéticas en funcionamiento. Por ejemplo, para la industria eólica, existe una limitante en las regiones donde las

temperaturas disminuyen de los cero grados. Lo cual involucra grandes inversiones económicas y humanas para evitar la formación de hielo en los molinos eólicos.

En el Dartmouth College se desarrolló una tecnología anticongelante para molinos eólicos que funciona mediante pulsaciones de alta potencia para “aplicar calor” y evitar la formación de hielo (Dartmouth/Petenko, s/a; Crisp Green, 2010).

También se identifican propuestas sobre diseños innovadores en busca de menores costos de materiales, practicidad en el armado y resistencia en el uso. Tal es el caso de un equipo de investigadores israelitas quienes diseñaron un sistema de rotores para aerogeneradores a partir de material textil y un soporte circular inflable, siendo flexibles, ligeros y a muy bajo costo de fabricación, pues se estima que reduce hasta en 50% la inversión de instalación con este diseño (Crisp Green, 2010).

Otro ejemplo de innovación sobre eficiencia es el diseño del aerogenerador WMS 1000. La turbina WMS 1000 consiste en un sistema eólico autónomo, accionado por un aerogenerador de 30 Kw, sobre una torre de 24 m de altura. El mecanismo de acción se basa en el fenómeno de la condensación intersticial que se presenta durante los descensos bruscos en la temperatura del aire, superando el punto de rocío en la condensación del vapor de agua. Para lograr el efecto, la turbina eólica utiliza un sistema de enfriamiento por donde circula el aire, enfriándolo hasta que la estructura “esponjosa” del aire se contrae y expulsa la humedad contenida. El sistema en fase de prueba en los desiertos de los Emiratos Árabes Unidos, cosechando en promedio, 1000 lt de agua por día (Vercelli, 2013).

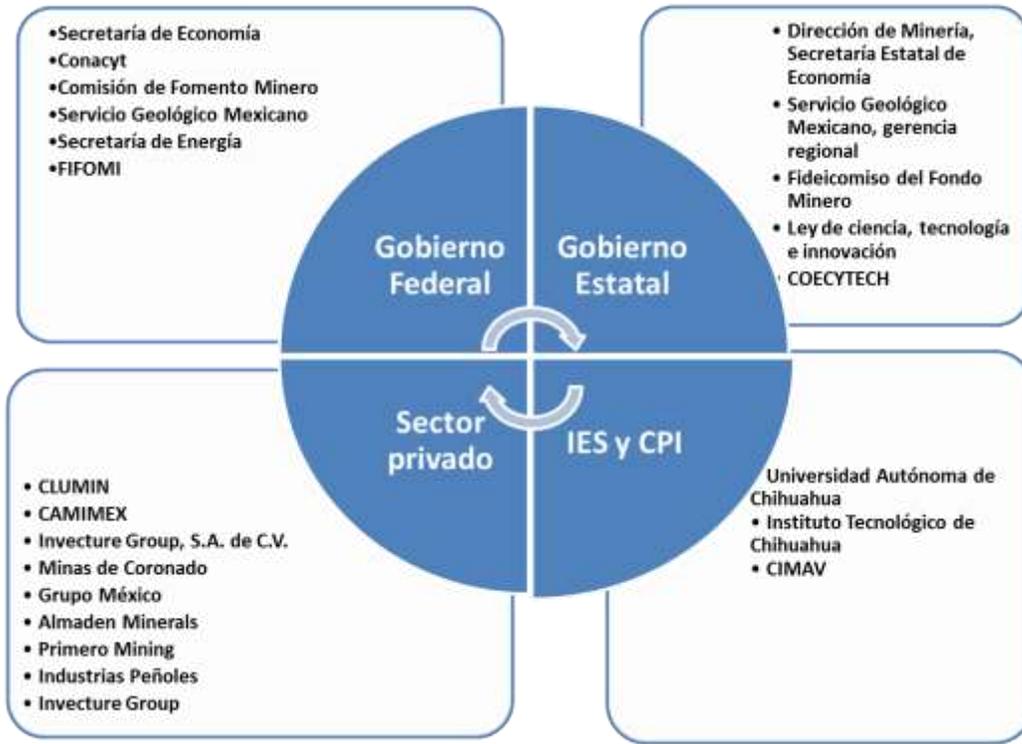
3 BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN

El ecosistema de innovación del Área de Especialización en Minería y Energías Alternativas se integra por el gobierno, mediante sus distintas dependencias, programas e instrumentos de política (convenios con organismos internacionales); las empresas de ambos sectores; las Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación; actores relacionados con las actividades desde la proveeduría hasta la comercialización y fomento de estos sectores, mediante programas y políticas públicas.

3.2 Mapa de los agentes del ecosistema de Innovación

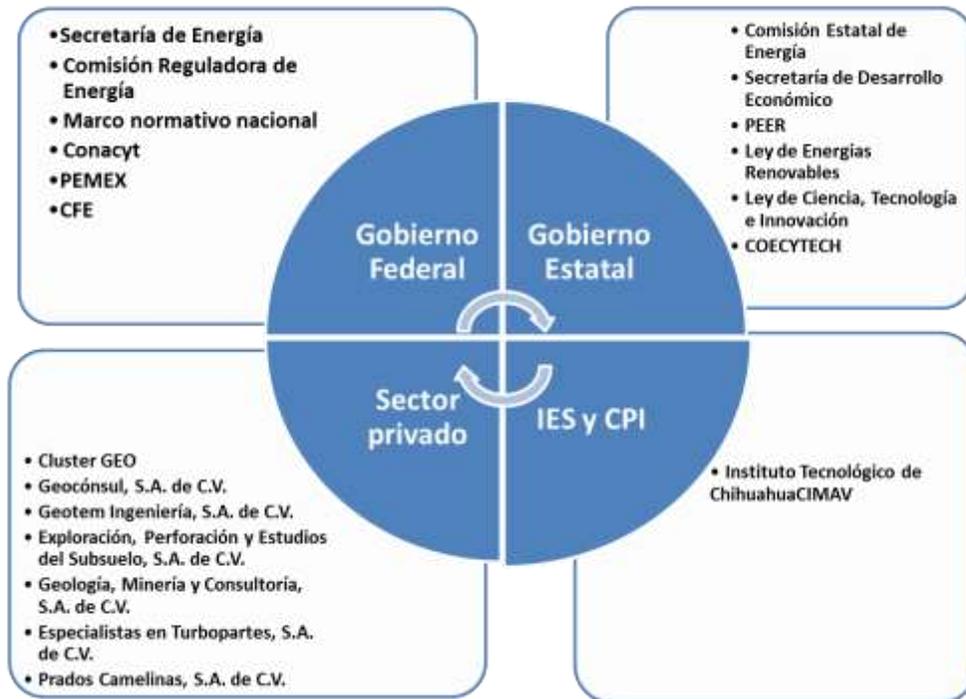
Se presentan por separados los respectivos mapas del ecosistema de innovación para la industria minera y el sector de aprovechamiento de fuentes alternativas de energía (Ilustraciones 17 y 18).

Ilustración 17. Ecosistema de Innovación del sector Minería en el estado de Chihuahua



Fuente: CamBioTec A.C. A.C., 2014.

Ilustración 18. Ecosistema de Innovación del sector Energías Alternativas en Chihuahua



Fuente: CamBioTec A.C. A.C., 2014.

3.3 Principales instituciones de educación superior (IES) y centros de investigación (CI), y sus principales líneas de investigación

3.3.1 Instituciones de Educación Superior

Tabla 12. Instituciones educativas y áreas afines al Área de minería y Energías Alternativas

Institución	Oferta académica
Universida Autónoma de Chihuahua	▪ Ingeniero Geólogo
	▪ Ingeniero de Minas y Metalurgia
Instituto Tecnológico de Chihuahua	▪ Ingeniero en Energías Renovables

Fuente: datos de campo, CamBioTec A.C. A.C., 2014.

Las instituciones de educación superior, en específico la UACH, actualmente aportan profesionistas altamente capacitados para los requerimientos del sector, agregando valor al desarrollo de la minería. Actualmente, la carrera de Ingeniero en Minas no egresa una cantidad suficiente de profesionistas en comparación con la demanda que hacen las compañías mineras, esto ha llevado a que se establezcan convenios de vinculación para que personal técnico de estas ingresen como aspirantes a profesionalizarse en esta carrera.

Se han detectado pocas iniciativas de trabajo vinculado: los planteles que ofrecen carreras relacionadas con el sector minería, en algunos casos tienen el contacto con los agentes del sector mediante la oferta de “Prácticas o Estancias Profesionales”, donde los jóvenes que

se encuentran en la etapa final de su carrera se vinculan con la vida laboral, aplicando los conocimientos adquiridos.

Para las empresas, esta fórmula les permite, disponer de recursos humanos mejor calificados y mejor adaptados a sus necesidades. Por otro lado, en ocasiones, las estancias constituyen una herramienta eficaz de selección de personal, ya que el "proceso de reclutamiento" se basa en una prueba prolongada y en contexto real del universitario y potencial candidato, y no en un pronóstico.

3.3.2 Centros de Investigación

En lo que respecta a los Centros de Investigación para beneficio del área minera, se identificó una iniciativa entre un empresario pequeño minero y el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) para desarrollar un proceso rentable y escalable a nivel industrial de separación de Barita, Plata, Plomo y Zinc, el cual se encuentra en las primeras fases de vinculación.

En el caso de capacidades científico-tecnológicas para el aprovechamiento de energías alternativas, destacan las siguientes instituciones a nivel nacional:

1. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)
2. Centro de Geociencias de la UNAM (CGEO)
3. Instituto de Energías Renovables de la UNAM
4. Instituto de Geología de la UNAM
5. Instituto de Geofísica de la UNAM
6. Instituto de Ingeniería de la UNAM
7. Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)
8. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
9. Universidad Politécnica de Baja California (UPBC)

10. Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)
11. Centro de Tecnología Avanzada, A.C. (CIATEQ)
12. Centro de Sismología y Volcanología de Occidente de la Universidad de Guadalajara (SisVoc)
13. Clúster de Energías Geotérmica y Renovables, A.C. (Clúster GEO)
14. Geocónsul, S.A. de C.V.
15. Geotem Ingeniería, S.A. de C.V.
16. Exploración, Perforación y Estudios del Subsuelo, S.A. de C.V. (EPYESA)
17. Geología, Minería y Consultoría, S.A. de C.V.
18. Especialistas en Turbopartes, S.A. de C.V.
19. Prados Camelinas, S.A. de C.V.
20. GS Energía, S.A. de C.V.
21. Generadores de Negocios en Energía Renovable y Ambientales, S.C.

En el apéndice B será posible encontrar las entidades gubernamentales federales y estatales que dan apoyo al área de especialización.

3.4 Detalle de empresas del Área de Especialización

Por la condición del sector de aprovechamiento de Energías Alternativas, que es emergente en el Estado de Chihuahua, el análisis sobre los participantes empresariales se identificó principalmente hacia los actores de la industria minera, como en otros aspectos del ecosistema de innovación.

Dentro del RENIECYT se encuentran registradas dos empresas en el área minera en el estado de Chihuahua, sin embargo, no son las únicas empresas dedicadas a este sector dentro del estado.

Tabla 13. Empresas con RENIECYT en el área minera en el estado de Chihuahua

Nombre Institución/Empresa	Clase	Tipo de Institución/Empresa	Tamaño de la institución
GRUPO YACIMIENTO MINERO NIXELA S.A. DE C.V.	MINERIA DE ORO	EMPRESAS	PEQUEÑA
GEO EXPLORACIONES JARAMILLO S DE RL MI	MINERIA DE BARITA	EMPRESAS	MICRO

Fuente: (RENIECYT, 2014)

Las empresas líderes en el estado son de gran importancia social y económica para la región, ya que contribuyen con la generación de empleos formales, consecuentemente generan el crecimiento económico de las regiones donde se encuentran ubicadas.

Por los volúmenes de producción minerales metálicos, destacan en el estado las mineras Panamerican Silver Corp. y Minera San Francisco del Oro, con 17 y 14 % del total (Tabla 14).

Cabe destacar el caso de dos empresas que han trascendido en el área de minerales no metálicos, con gran presencia en el estado de Chihuahua. La información que se muestra a continuación fue obtenida a través de los sitios web de las respectivas empresas donde relatan su historia y brindan datos de relevancia.

- **INTERCERAMIC.** Es una empresa que inició sus operaciones en Chihuahua en 1979, introduciendo al mercado lo más nuevo en tecnología para fabricación de pisos y azulejos de ese entonces. Hoy en día, es uno de los más grandes fabricantes de América del Norte con una capacidad de producción de 42.2 millones de metros cuadrados anuales en nueve plantas localizadas en cuatro complejos industriales: tres en Chihuahua, México y uno más en Garland, Texas, en los Estados Unidos. Después de más de 35 años en el

mercado, Interceramic se ha convertido en líder indiscutible, no solamente como fabricante, sino también como distribuidor de pisos y azulejos cerámicos, muebles de baño, materiales para instalación y piedra natural. A través de un innovador sistema de distribución que incluye más de 255 tiendas de franquicia en México, 14 salas de exhibición y 3 centros de mayoreo en Estados Unidos; 53 distribuidores independientes en Estados Unidos y Canadá, así como dos tiendas en Centroamérica, una en Panamá y otra en Guatemala, las ventas de Interceramic son de más \$520 millones de dólares anuales.

- **GRUPO CEMENTOS DE CHIHUAHUA** (GCC). Es una empresa de clase mundial, productora de cemento, concreto premezclado, agregados y productos innovadores relacionados a la industria de la construcción en México y Estados Unidos. Cuenta con una capacidad de producción anual de cemento de 4.6 millones de toneladas, de las cuales 2.4 millones de toneladas están distribuidas en tres plantas localizadas en los estados de Nuevo México, Dakota del Sur y Colorado en Estados Unidos, y 2.2 millones de toneladas se encuentran localizadas en el estado de Chihuahua, México. Desde el inicio de operaciones en 1941, la empresa ha observado un crecimiento dinámico, especialmente, en los últimos años basado en una definición clara del rumbo y procesos de vanguardia tecnología de punta.

Tabla 14. Volúmenes de Producción de Minerales Metálicos

No	NOMBRE	CONCESIONARIO	PROD. t / DÍA	SUSTANCIAS	MUNICIPIO
1	BISMARCK	CÍA. MINERA BISMARCK S.A. DE C.V. INDUSTRIAS PEÑOLES	2500	Ag, Pb, Cu, Zn	ASCENSIÓN
2	NAICA	INDUSTRIAS PEÑOLES	2730	Ag, Pb, Cu, Zn	SAUCILLO
3	LA MESA, GRANADERÍA, FRISCO Y CLARINES	CÍA. MINERA SAN FCO. DEL ORO S.A. DE C.V.	4500	Au, Ag, Pb, Cu, Zn	SAN FRANCISCO DEL ORO
4	SEGOVEDAD, SAN DIEGO Y TECOLOTES	MINERALES METÁLICOS DEL NORTE S.A. DE C.V. UNIDAD SANTA BÁRBARA GRUPO MEXICO	5400	Au, Ag, Pb, Cu, Zn	SANTA BÁRBARA
5	SAN ANTONIO	MINERALES METÁLICOS DEL NORTE S.A. DE C.V. UNIDAD SANTA EULALIA GRUPO MEXICO	900	Au, Ag, Pb, Cu, Zn	AQUILES SERDÁN
6	LA PERLA	MINERA DEL NORTE, S.A. DE C.V. UNIDAD LA PERLA GRUPO ACERERO DEL NORTE	3500	Fe	CAMARGO
7	EL SAUZAL	GOLD CORP	5800	Au, Ag	URIQUE
8	UNIDAD OCAMPO	MINERA SAN FRANCISCO DEL ORO	15100	Au, Ag	OCAMPO
9	EL AS	MINERA LOYSA S. DE R.L. DE C.V.	40	Au, Ag	MATAMOROS
10	PINOS ALTOS	AGNICO EAGLE MEXICO, SA. DE C.V.	2000 (tajo) 3000 (mina)	Au, Ag	OCAMPO
11	CIENEGUITA	MINERA SUNBURST DE MEXICO, S.A. DE C.V.	800	Au, Ag	URIQUE
12	DOLORES	PANAMERICAN SILVER CORP.	18000	Au, Ag	MADERA
13	PALMAREJO	COEUR DE MEXICO, S.A. DE C.V.	5000	Au, Ag	CHINIPAS
14	LA RECOMPENSA	GRUPO MINERO RECOMPENSA S. DE R.L. DE C.V.	150	Ag, Pb, Zn	PARRAL
15	BOLIVAR	SIERRA METALS INC.	2000	Zn, Cu	URIQUE
16	LA CASUALIDAD	SALVADOR CHÁVEZ	20	Au, Ag, Pb, Zn	PARRAL
17	AUDIENCIA	GRUPO MINERO RECOMPENSA S. DE R.L. DE C.V.	25	Ag, Pb, Zn	PARRAL
18	VESPER	RAFAEL CHÁVEZ ESPINOZA	50	Ag, Pb, Zn	PARRAL
19	ALEJANDRINA	JOSE TORRESDAY SAENZ.	5	Au, Ag	PARRAL
20	EL CARMEN	HOMERO CERVANTES	5	Au, Ag	GUAZAPARES
21	VIRGINIA	CESAR RASCÓN	10	Au, Ag	CHINIPAS
22	LA CURRA	RAFAEL CHÁVEZ	5	Au, Ag	CHINIPAS

Fuente (SE-SGM, 2014).

En lo que se refiere a la pequeña minería, ésta se desarrolla en 5 municipios y aunque no es significativa en términos de volumen de producción, sí lo es en su impacto social, pues en algunos casos representa la única fuente de ingreso y de empleo para un importante número de familias en la zona rural. De acuerdo con el presidente de la Asociación de Pequeños Mineros del estado de Chihuahua, existen más de 3 mil concesiones en manos de chihuahuenses, alrededor de 60 son explotadas por los pequeños mineros y 14 por la gran industria (Díaz, 2014).

Respecto a la organización del sector minero se encontraron 7 entidades formales que agrupan tanto a productores grandes y pequeños, como a prestadores de servicios y profesionales del sector.

- Clúster Minero de Chihuahua
- Asociación de Medianos y Pequeños Mineros (Hidalgo del Parral)
- Asociación de Mineros de Chihuahua (Chihuahua)
- Asociación Civil de Mujeres Mineras (Chihuahua)
- Asociación de Ingenieros de Minas
- Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.
- Cámara Minera de México (CAMIMEX)

El clúster minero de Chihuahua (CLUMIN) es una asociación que agrupa a las principales unidades mineras, y entre sus principales metas enfatiza la búsqueda permanente del desarrollo de las empresas proveedoras, lo que describe de forma muy general la actitud que este grupo de empresas guardan respecto al tema de la innovación.

Por otra parte, esta organización busca el desarrollo de la competitividad y el crecimiento del estado, lo que representa un avance muy significativo dentro del sector minero, ya que le proporciona solidez de sus posicionamientos ante las diferentes entidades gubernamentales.

Estas asociaciones que agrupan a las empresas estatales, unifican los esfuerzos de sus integrantes promoviendo y realizando diferentes gestiones para incentivar el desarrollo de la industria minera, en el beneficio directo de los asociados.

Otra función importante de las asociaciones Mineras Chihuahuenses es la promoción y fortalecimiento de las relaciones y cooperativismo de los asociados, mediante una estructura organizacional que facilita la vinculación y las posteriores solicitudes o gestiones que se realizan ante los diferentes órdenes de gobierno.

3.5 Evolución de Apoyos en el Área de Especialización (Energías alternativas)

El sector de energía en México ha estado sustentado en dos grandes empresas estatales que operan el servicio público de electricidad y la exploración, explotación y procesamiento de hidrocarburos en el país. Pero las recientes reformas en el sector traen consigo cambios importantes.

La nueva Ley de la Industria Eléctrica es reglamentaria de los artículos 25, párrafo 4to; 27 párrafo 6to y 28, párrafo 4to de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el Servicio Público de Transmisión y Distribución (T&D) de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica. Un cambio mayor se refiere a que el Suministro Eléctrico es un servicio de interés público. La generación y comercialización de energía eléctrica son servicios que se prestan en un régimen de libre competencia.

El Estado establecerá y ejecutará la política, regulación y vigilancia de la industria eléctrica a través de la SENER y la Comisión Reguladora de Energía (CRE). La SENER está facultada para:

- Establecer, conducir y coordinar la política energética del país en materia de energía eléctrica;
- Dirigir el proceso de planeación y la elaboración del Programa de Desarrollo del SEN;
- Establecer los criterios para el otorgamiento de los Certificados de Energías Limpias;
- Vigilar la operación del Mercado Eléctrico Mayorista (El Mercado) y las determinaciones del CENACE, entre otras.

Por su parte, la CRE está facultada para:

- Otorgar los permisos de generación, “Usuario Calificado”, entre otros;
- Determinar las metodologías de contraprestaciones aplicables a los Generadores Exentos;
- Expedir y aplicar la regulación tarifaria a que se sujetarán la T&D, la operación de los Suministradores de Servicios Básicos, la operación del CENACE y los Servicios Conexos no incluidos en el Mercado, así como las tarifas finales del Suministro Básico que no sean determinadas por el Ejecutivo Federal;
- Autorizar los modelos de contrato que celebre el CENACE con los Participantes del Mercado, entre otras.

La Ley establece: un nuevo escenario en la generación, la creación y operación de nuevas plantas particulares, buscando complementar la capacidad pública, a fin de atender la creciente demanda de electricidad; las reglas para que los particulares participen en el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la red nacional de transmisión; nuevas modalidades de contratación entre el Estado y los particulares para que éstos contribuyan con su tecnología y experiencia a la expansión y mejoramiento de las redes generales de distribución; y que los suministradores comprarán la energía que sus clientes requieran mediante la celebración de contratos con generadores y en el mercado de energía eléctrica. La CFE, en su papel de suministrador de servicio básico, comprará energía a través de estos mecanismos competitivos (Price Waterhous Cooper, 2014).

Puede concluirse que la reforma energética abre oportunidades para los inversionistas privados interesados en participar en la expansión de la capacidad instalada y la comercialización de electricidad.

Por otro lado, el 28 de noviembre de 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), la cual busca regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad. El reglamento de la LAERFTE se publicó en el Diario Oficial de la el día 2 de septiembre del 2009. Con este instrumento se favorece a proyectos de autoabastecimiento (hidroeléctricos, solares y eoloeléctricos). Con la reforma energética, estos proyectos podrán ser también inversiones para la comercialización de energía (DOF, 2013).

4 ANÁLISIS FODA

Con base en la revisión documental integrada en el diagnóstico sectorial para estas Áreas de Especialización en Chihuahua, y complementando con la información obtenida en el trabajo de campo a partir de las entrevistas y visitas a actores sectoriales, el análisis FODA sobre minería y energías alternativas en Chihuahua se ilustra a continuación.

4.2 Fortalezas

- Posición relevante del estado en la minería a nivel nacional.
- Extracción, transformación y comercialización de minerales como arcillas, caliza, yeso, caolín, sal, grava, arena, perlita, mármol, pumicita y cuarzo.
- Región con gran potencial geológico-minero para la explotación de nuevos yacimientos.

- Presencia de empresas mineras de inversión extranjera (382.5 mdd en 2008).
- Segundo lugar en la producción de oro y plata.
- Alto potencial para la generación de energía alternativa.
- Niveles de irradiación solar más altos en el mundo.
- Interés del gobierno estatal (Secretaría de Economía) de impulsar la minería, al establecer programas de capacitación, modernización y diversificación.
- Impacto social relevante por parte de la pequeña minería al generar un gran número de empleos.

4.3 Oportunidades

- Desarrollo de sistemas eficientes para el almacenamiento de la energía proveniente de fuentes renovables.
- Se estima que para 2035 el 48% de la energía producida provenga de fuentes renovables a nivel mundial.
- Elaboración de la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027.
- Nueva Ley de la Industria eléctrica donde se establece la libre competencia en la generación y comercialización de energía eléctrica.
- Potencial del estado para convertirse en la reserva más grande del planeta de la industria solar.
- Existencia del CLUMIN y del clúster GEO.
- Necesidad de aprovechar el mercado en el beneficio de minerales metálicos y no metálicos.

4.4 Debilidades

- Desaprovechamiento de la extensión territorial y ubicación geográfica del estado para la generación de energía a partir de fuentes renovables.
- Necesidad de generar capital humano especializado en energías alternativas en diferentes segmentos de la cadena de valor.
- Necesidad de IES con especialización en energías alternativas.
- Necesidad de iniciativas de trabajo vinculado.
- Recursos humanos insuficientes con el perfil de Ingeniero en minas que cubra la demanda de las compañías mineras.
- Cultura de trabajo de los pequeños mineros basada únicamente en la extracción.
- Necesidad de financiamiento para los pequeños mineros para incrementar su competitividad y la agregación de valor.

4.5 Amenazas

- La energía al ser un bien escaso es fuente de conflictos para el control de los recursos energéticos.
- La energía proveniente de fuentes renovables debe consumirse al momento, lo que resulta ineficiente desde la perspectiva del uso comercial.
- Dependencia de la tecnología extranjera para los procesos de exploración, extracción, beneficio, comercialización y remediación.

5 MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

La integración de la Agenda Sectorial de Innovación en Minería y Energías Alternativas de Chihuahua se sustenta en la metodología de Estrategias de Investigación e Innovación para la Especialización Inteligente “RIS3”, por sus siglas en inglés. La implementación de “RIS3” propone integrar agendas para la transformación económica basada en las características y oportunidades del territorio, siendo preciso que contengan los siguientes elementos:

1. Se centran en el apoyo de la política y las inversiones en las prioridades, retos y necesidades clave del país o región para el desarrollo basado en el conocimiento.
2. Aprovechan los puntos fuertes, ventajas competitivas y potencial de excelencia de cada país o región.
3. Respaldan la innovación tecnológica, así como la basada en la práctica, y aspiran a fomentar la inversión del sector privado.
4. Involucran por completo a los participantes y fomentan la innovación y la experimentación.
5. Se basan en la evidencia e incluyen sistemas sólidos de supervisión y evaluación. (FUMEC, 2014).

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

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

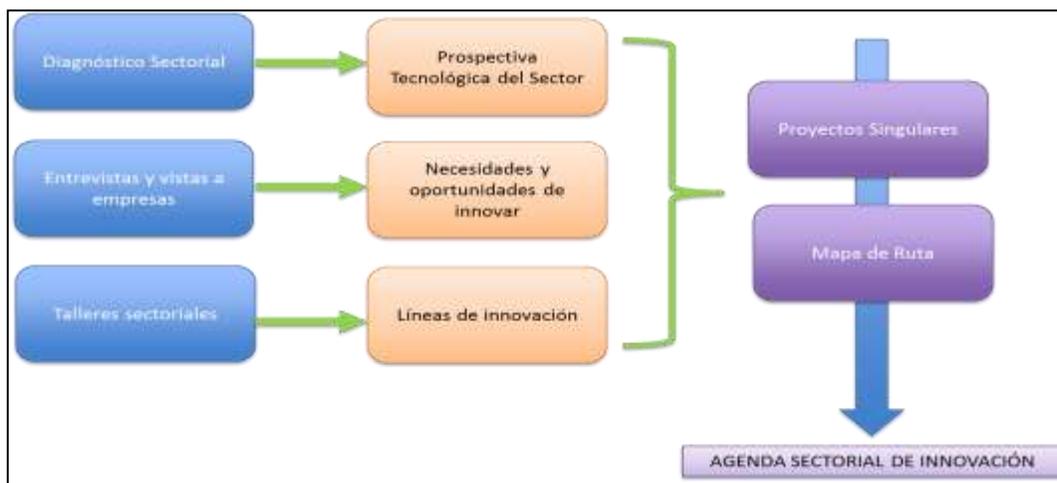
- *Collaborative*: basado en el concepto de cuádruple hélice.

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

La información preliminar recabada permitió identificar las necesidades tecnológicas del sector y, a partir de la revisión sobre prospectiva tecnológica para la minería y fuentes de energía alternativas en el mundo, se propusieron las líneas de innovación sobre nichos de especialización identificadas para esta Área de Especialización en Chihuahua.

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

Ilustración 19. Esquema de la metodología de trabajo para integrar la Agenda Sectorial



Fuente: CamBioTec A.C. A.C., 2014.

De forma complementaria a la revisión documental, los resultados directos de los talleres sectoriales reflejaron una serie de problemáticas y oportunidades de mercado para el sector, que pueden solucionarse mediante implementación de innovación en proceso, en productos o del tipo organizacional.

5.2 Breve reseña de la metodología implementada

La Agenda Sectorial de Innovación en Minería y Energías Alternativas desarrollada en esta ocasión, contiene datos relevantes obtenidos a través del acercamiento con actores clave del subsector que compartieron problemáticas, experiencias, estrategias e ideas innovadoras transmitidas en entrevistas y en talleres, fundamentales en la definición de estrategias para el desarrollo de la Agenda. El proyecto inició con la integración de un equipo estatal interinstitucional presidido por la Secretaría de Educación, Cultura y Deporte (SECD), el Consejo para el Desarrollo Económico de Chihuahua (CODECH) y la Secretaría de Economía en donde, mediante la consulta correspondiente, se definieron los sectores prioritarios para la entidad.

En la siguiente etapa del proyecto se hizo la identificación de las empresas que componen las áreas de especialización de Minería y Energías Alternativas, así como encontrar a las empresas más representativas es decir aquellas que han desarrollado una mayor capacidad de innovación, con el objeto de visitarlas para realizarles una entrevista en la cual comentaran sobre las actividades que realizan, las problemáticas a las que se han enfrentado y también que innovaciones han realizado o pensado realizar.

Posteriormente se llevó a cabo la planeación y organización de un taller para el cual se convocó a los agentes clave de las diversas áreas de especialización del subsector (personas

entrevistadas, personas de empresas, instituciones educativas, centros de investigación y funcionarios públicos), con el fin de dar a conocer los objetivos del proyecto AEI. En estos talleres se realizaron análisis y valoraciones con los participantes, mediante el uso de técnicas participativas e instrumentos, sobre los principales aspectos que engloban las áreas de Minería y Energías Alternativas.

Como resultado, se logró recabar en los formatos correspondientes las problemáticas que se están presentando en el área de especialización, las posibles soluciones para ellas, oportunidades de mercado de alto impacto en la actualidad, así como también sus respectivas estrategias de atención y diferentes líneas de innovación con propuestas de proyectos singulares para concretar líneas de innovación. En la Tabla 15 se muestra una síntesis sobre la identificación de propuestas de innovación que dan solución a las necesidades tecnológicas del Área de Especialización.

Tabla 15. Identificación de propuestas de innovación que resuelve necesidades tecnológicas y oportunidades de mercado para la Minería en Chihuahua

Propuestas de innovaciones	Necesidades que resuelve
<p>Estudio e implementación de nuevos procesos y tecnologías de exploración, explotación y remediación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejoramiento de compresores portátiles haciéndolos más económicos y accesibles para la pequeña minería. ▪ Diseño de cribadoras portátiles y fijas ▪ Creación de fundidora de primera fusión a menor escala ▪ Diseño de trituradoras portátiles y fijas ▪ Mejoramiento del funcionamiento de Scooptramp ▪ Equipos de perforación más eficaces y menos costosos ▪ Creación de nuevos procesos de tratamientos de materiales que sean más rentables ▪ Implementación para la industria de la pequeña minería de Procesos Merrill Crowe (carbón activado) ▪ Diseño de molinos de alta capacidad y de bajo costo ▪ Implementación de geomembranas de pilas de lixiviación en minas del estado

Propuestas de innovaciones	Necesidades que resuelve
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño e implementación de tecnología automatizada a la minería
Análisis del mercado nacional e internacional de minerales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso eficaz del Internet ▪ Acceso continuo a portales web de interés al sector ▪ Comunicación efectiva a través de redes sociales con agentes clave ▪ Identificación eficiente de blogs
Monitoreo y prospectivas de tecnologías mineras.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de patentes ▪ Inteligencia competitiva
Desarrollo de software embebido a la minería.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño y aplicación de Software en: exploración minera, equipos de beneficio, equipos de fundición, equipos de perforación, equipos de traslado, y en monitoreo de procesos
Métodos de separación de minerales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño de equipos de separación magnética a escala adecuada de las empresas mineras estatales ▪ Mejoramiento de los equipos de separación por gravedad ▪ Integración de sistemas de control de eléctrica central ▪ Diseño de plantas móviles de trituración ▪ Mejoramiento de equipamiento de clasificación ▪ Nuevos procesos de tratamientos de materiales (térmicos y químicos) ▪ Elaboración de mesas concentradoras más económicas
Desarrollo de tecnologías apropiadas para la preservación del ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación de tecnologías de energía hidráulica, energía solar térmica y fotovoltaica, energía eólica y energía geotérmica
Implementación de nuevos sistemas de transporte minero.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejoras de Yucles para eficientar funcionamiento

Fuente: Talleres sectoriales Chihuahua, 2014.

Ahora bien, en lo que se refiere a las técnicas de análisis utilizadas se trabajó mediante instrumentos de diagnóstico de problemas tecnológicos y sus posibles causas; oportunidades y tendencias de mercado relacionadas con las áreas de Minería y Energías Alternativas, así como la manera de atenderlas mediante innovaciones en tecnologías de procesos o productos, para el caso de ambas situaciones. A su vez dichas propuestas de

líneas de innovación, se valoraron y priorizaron partiendo de un análisis de correlaciones entre sí, esto es, cada línea de innovación para la solución de problemas cruzadas o comparadas con cada una de las líneas de innovaciones para la atención a las oportunidades. En el caso de encontrarse alguna relación entre cada comparación se otorgaron valores de 1, y 0 a las que fueron mutuamente independientes. La suma de los valores absolutos de cada línea de innovación de solución de problemas dio la base para seleccionar aquellas de mayor calificación, considerándolas como prioritarias. Posteriormente, mediante una tabla de análisis de impactos funcionales, a cada una de las líneas prioritarias de innovación se les calificó con valores del 0 al 5, en donde 5 fue el mayor impacto, de acuerdo con cinco criterios: relevancia económica, relevancia social, relevancia institucional, relevancia tecnológica y finalmente, factibilidad técnica y económica de implementación.

En la última etapa, se realizó la tarea de integrar sistemáticamente los hallazgos obtenidos a lo largo de todo el proyecto, ordenando y re-consultando con los actores sectoriales los resultados preliminares, así como la definición de las líneas de innovación y el orden de prioridades para construir los proyectos singulares que por su transversalidad tuvieran mayor impacto en los Nichos de Especialización del Área de Minería y Energías Alternativas.

Finalmente, este documento recaba información para que el proyecto AEI logre su meta y funja como una oportunidad coyuntural para que las instituciones privadas, gubernamentales y empresas, atisben posibilidades y realicen acciones que conlleven al desarrollo de las áreas de especialización de la Minería y Energías Alternativas.

En el caso específico del Área de Especialización en Minería y Energías Alternativas para Chihuahua, las capacidades industriales desarrolladas actualmente en la entidad, orientan sobre definir la especialización prioritariamente hacia la actividad minera. Sin embargo, en congruencia con los intereses de desarrollo económico del Estado, se propuso como nicho

emergente de Especialización, a la actividad sobre generación de Energía a partir de fuentes alternativas (solar, eólica, hidrocarburos no convencionales).

Por lo anterior, se definen como Objetivos Sectoriales en Minería y Energías Alternativas:

- Potenciar las capacidades de pymes mineras mediante innovación y transferencia tecnológica en los procesos de aprovechamiento y beneficio mineral, respectivamente.
- Desarrollar las pymes en el giro de aprovechamiento de energías alternativas (fotovoltaica, y aprovechamiento de hidrocarburos no convencionales).

6 NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

Dadas las capacidades técnicas, profesionales y económicas de la entidad, y considerando los resultados de los Talleres Sectoriales sobre Minería y Energías Alternativas, se definieron dos Nichos de Especialización para esta Área de Chihuahua:

Tabla 16. Justificación y objetivos tecnológicos de los Nichos de especialización en Minería y Energías Alternativas en Chihuahua

Nicho de especialización	Justificación (oportunidad que aborda o problema que soluciona)	Objetivos tecnológicos
Minerales metálicos y no metálicos	Este Nicho de Especialización se deriva de las capacidades industriales, de inversión y científico-tecnológicas existentes y consolidadas en la entidad, como un	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las capacidades de exploración, explotación y remediación en la industria minera. • Desarrollar las capacidades sobre beneficio de minerales metálicos y

	sector importante en el desarrollo económico del estado.	no metálicos, aprovechando el potencial de demanda industrial (internacional).
Energías alternativas	Se identificó el potencial en el estado para el aprovechamiento de fuentes alternativas de energía, en congruencia con el interés de las autoridades estatales por desarrollar y consolidar las capacidades industriales en esta actividad.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar las capacidades en el estado de Chihuahua sobre el aprovechamiento de fuentes alternativas para la generación de energía.

Fuente: CamBioTec A.C., a partir del análisis sectorial y el trabajo de campo.

A continuación se describen los Nichos de Especialización en el Área de Minería y Energías Alternativas de Chihuahua.

6.1. Minerales metálicos y no metálicos

La minería del estado de Chihuahua tiene bien definidas dos vertientes muy marcadas: la gran minería y la pequeña minería.

Frente al escenario histórico, han surgido y siguen surgiendo pequeñas empresas locales que aprovechan los recursos naturales del estado, las cuales van adquiriendo conocimientos de nuevos métodos de exploración, procesos más eficientes de extracción, formación de personal especializado, ubicación y penetración de mercados específicos. Sin embargo, la mayoría de los agentes que componen el sector, en especial los pequeños mineros, han conservado una cultura de trabajo en la minería basada únicamente en la extracción, cuando en la actualidad se pueden obtener mejores frutos del mineral si lo

llevan hasta la refinación o beneficio en asociaciones cooperativas para el mejoramiento colectivo de las micro y pequeñas empresas.

Por otra parte, algunas de las empresas locales han desarrollado capacidades para mantenerse en el mercado y en ocasiones hasta para consolidarse, basando su competitividad en procesos de innovación e implementación de nuevas tecnologías complementando esto con la adquisición de nueva maquinaria, lo que las ha llevado a un crecimiento gradual a través de los años.

En el área de la gran minería de Chihuahua, no se observa un reto significativo de innovación o de algún otro aspecto que venga a darle un impulso específico a su cadena de valor, en tanto que la tecnología propia para sus principales procesos de exploración, extracción, beneficio, comercialización y remediación, corre a cargo de otros proveedores, en todos los casos extranjeros. A pesar de esto, para la gran minería no se descarta la oportunidad de poder adquirir suministros, equipos, materiales, herramientas y servicios menos relacionados con la innovación o con un grado menor de complejidad tecnológica, como en el caso de los productos que actualmente les son provistos.

Por otra parte, el segmento de la pequeña minería que destaca poco en términos de volumen de producción, representa un impacto social, ya que representa la única fuente de ingresos y de empleo para un importante número de familias en la zona rural del estado.

Este segmento sí presenta grandes retos para incrementar su competitividad y la agregación de valor a sus procesos, sin embargo la naturaleza de sus requerimientos se encuentra asociada indisolublemente al financiamiento, por esta razón, las principales iniciativas de las agrupaciones de pequeños mineros y los esfuerzos institucionales giran en torno a este tema. Dichas iniciativas se muestran en la Ilustración 20, donde se describen algunas de las principales líneas gubernamentales de apoyo diseñadas para incrementar la competitividad y el valor agregado de este segmento en el estado:

Ilustración 20. Oportunidades y estrategias de financiamiento para la pequeña minería



Fuente: Elaboración propia con base en entrevista a Ing. Luis Alba y DOF del día 09/05/2014.

6.2. Energías alternativas

Es importante mencionar que el desarrollo sostenible en el sector eléctrico es una prioridad para la Secretaría de Energía. Por ello y especialmente en el marco de la recién aprobada reforma del sector energético, se impulsará la implementación de proyectos que cuenten con los siguientes elementos:

- La generación de electricidad al menor costo.
- La implementación de iniciativas de energías limpias con responsabilidad social.
- La participación de las comunidades en el proceso de toma de decisión para la ejecución de los proyectos del sector.

El desarrollo sostenible en el sector eléctrico produce beneficios tangibles para el desarrollo regional e incentivos para el desarrollo de cadenas productivas, particularmente en la industria de las energías limpias, es por eso que este tema que se ha convertido en interés prioritario a nivel mundial y Chihuahua actualmente se encuentra en la etapa inicial de implementación de nuevas energías.

Actualmente, se encuentra en formación el clúster de energías renovables, que tendrá como meta inmediata que Chihuahua autogenera el 100 % de la energía que consume para el año 2025. Entre los objetivos de este clúster se encuentra la integración continua de empresas, cámaras de comercio, Gobierno y asociaciones civiles, prensa y universidades. Además buscan atraer empresas mundiales para que instalen fábricas de ecotecnologías de ahorro y generación de energía renovable, mediante la promoción de estímulos y leyes (Apéndice A).

7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS PRIORITARIOS Y PLAN DE PROYECTOS

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

A continuación se presenta la descripción de los proyectos y la ilustración general del mapa de ruta respectivo, por cada Nicho en el Área de Especialización en Minería y Energías Alternativas.

7.1. Descripción de proyectos

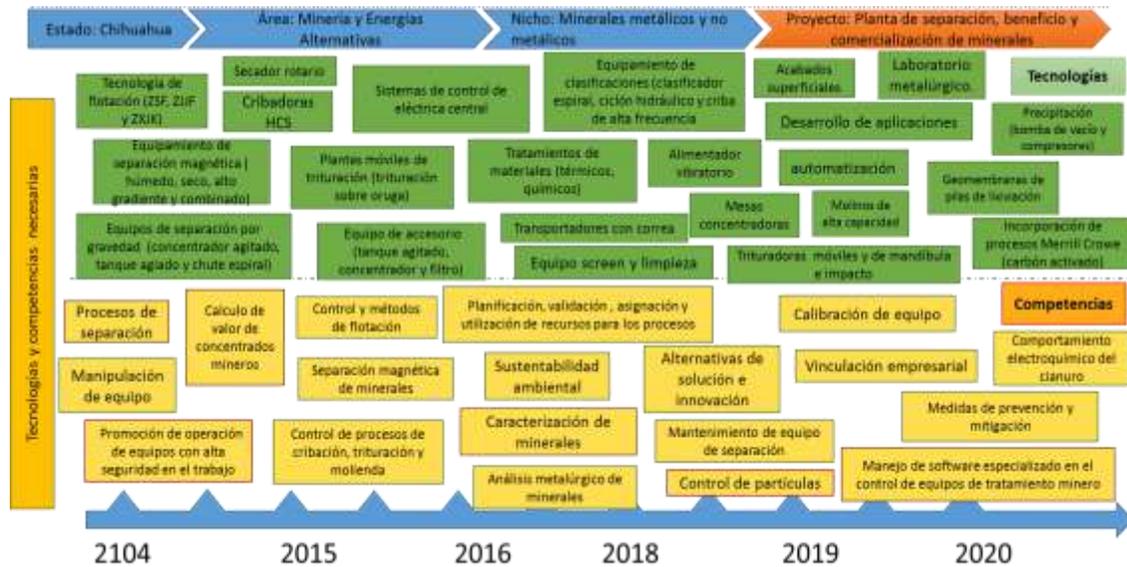
7.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

Proyecto: *Planta de separación, beneficio y comercialización de minerales metálicos y no metálicos (Barita y arenas silíceas)*

Objetivo del proyecto: Poner en operación una planta procesadora de minerales para su posterior comercialización.

Justificación: Este proyecto se definió de acuerdo con resultados del taller sectorial y de las entrevistas realizadas donde se identificó la necesidad de una planta tratadora y comercializadora de minerales, para potenciar la competitividad de la industria minera de Chihuahua.

Ilustración 21. Mapa de ruta del Proyecto Planta de separación, beneficio y comercialización de minerales metálicos y no metálicos



Fuente: CamBioTec A.C., 2014.

El interés manifiesto por los actores sectoriales en aprovechar las oportunidades de mercado en el beneficio de minerales metálicos y no metálicos, considerando que el estado cuenta con yacimientos importantes, con poca explotación, dio la pauta para proponer este proyecto sobre infraestructura para el beneficio de minerales.

La realización del proyecto implica el fortalecimiento de capacidades para los pequeños, mediano y grandes mineros, si se logra escalar en la cadena de valor desde el proceso meramente de extracción actual hacia el beneficio de los minerales para comercializarlos.

Tal es el caso del mineral de barita, un material relevante muy cotizado en el mercado de la actividad de extracción petrolera, que representa atractivas oportunidades de exportación y desarrollo de la industria minera de Chihuahua.

Los proyectos adicionales factibles de desarrollar en el Nicho sobre minerales metálicos y no metálicos se describen a continuación:

Tabla 17. Descripción de proyectos adicionales en el nicho de minerales metálicos y no metálicos

Proyecto adicional	Descripción
Planta de fundición de minerales para pequeños mineros del estado	<p>El objetivo del proyecto es poner en operación una planta de fundición la cual brinde valor agregado a los minerales, para favorecer el desarrollo empresarial del pequeño minero.</p> <p>Este proyecto se definió con base en el análisis realizado a los resultados del taller y de las entrevistas, en el cual se identificó la necesidad de agregar valor a los minerales por medio de la fundición, promoviendo el desarrollo de los mineros regionales del sector.</p>

Fuente: CamBioTec A.C., 2014

7.1.2. Energías alternativas

En el caso de este Nicho emergente, por tratarse de una actividad que inicia en el estado, se aborda con la identificación de proyectos que potencializarán las capacidades de aprovechamiento de fuentes alternativas para la generación de energía en Chihuahua.

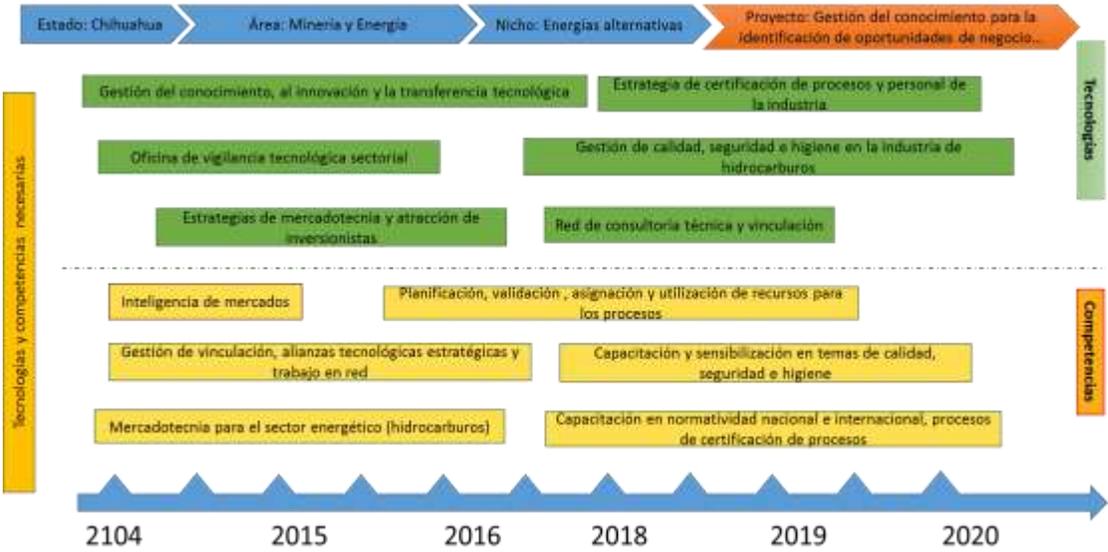
Título: *Gestión de conocimiento para la identificación de oportunidades de negocio en la cadena hidrocarburos, incluyendo la proveeduría y usos de alto requerimiento energético.*

Objetivo: Desarrollar una herramienta efectiva de inteligencia de mercado, para hacer viable el desarrollo de proveedores y empresas de alto consumo energético para la industria de hidrocarburos, gas y energías renovables.

Justificación: Aprovechar la oportunidad que representa la industria de hidrocarburos, tanto a nivel nacional como internacional, implica conocer las tecnologías y las industrias

relacionadas y sus demandas de insumos, equipo y componentes, así como identificar las capacidades instaladas o con potencial de escalamiento en Chihuahua, para contribuir al desarrollo de la proveeduría buscada. Adicionalmente, con base en la disponibilidad de energéticos de menor costo, se busca identificar oportunidades de negocios que involucren uso intensivo de energías.

Ilustración 22. Mapa de ruta del proyecto Gestión de conocimiento para la identificación de oportunidades de negocio en la cadena Hidrocarburos (...)



Fuente: CamBioTec A.C., 2014

Los elementos de innovación son el desarrollo de nuevos modelos de negocio, desarrollo de sistemas de inteligencia de mercado y los estudios de prospectiva y mapas de ruta tecnológica.

El proyecto contempla el análisis de la cadena de valor de las industrias de hidrocarburos y energías renovables, a fin de identificar las demandas y oportunidades para la industria local. Lo anterior, permitirá elaboración de cartera de oportunidades de proveeduría de

procesos de usos de alto requerimiento energético, incluyendo especificaciones y requisitos de certificación.

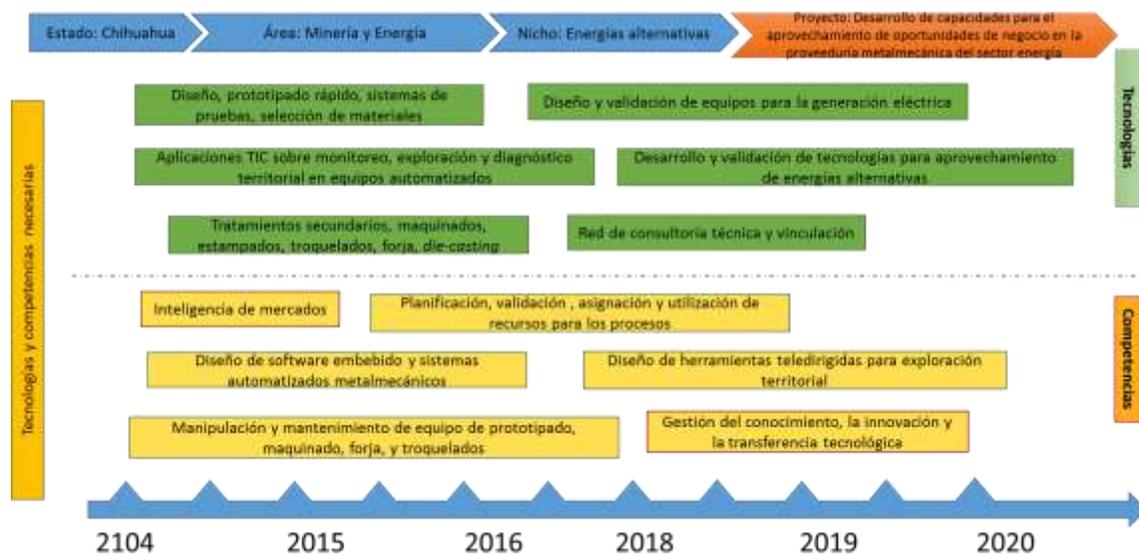
Como factores críticos para el éxito del proyecto destacan la consolidación del clúster de Energía en Chihuahua, y la celebración de convenios de colaboración entre integrantes del mismo y otras organizaciones, públicas y privadas.

Título: Desarrollo de capacidades para el aprovechamiento de oportunidades de negocio en proveeduría metalmecánica del sector de Energía, incluyendo sus diversas fuentes y aplicaciones.

Objetivo: Desarrollar capacidades tecnológicas en las empresas del estado para cumplir los requisitos de la industria de hidrocarburos y energías renovables.

Justificación: La Reforma Energética abre importantes posibilidades de desarrollo industrial local, por lo que es un buen momento para prepararse e incursionar con mayor efectividad en estas industrias.

Ilustración 23. Mapa de ruta del proyecto Desarrollo de capacidades para el aprovechamiento de oportunidades de negocio en proveeduría metalmecánica (...)



Fuente: CamBioTec A.C., 2014.

Se trata de un programa articulado con el mecanismo de inteligencia de mercado, orientado a integrar una red de proveedores confiables de equipo, instrumentos, dispositivos, partes, servicios y consultoría para la industria. Debe incluir mecanismos de capacitación y equipamiento para obtener niveles de certificación propias de esta industria, compartir infraestructuras, dinamizar vinculaciones con el sector académico y de investigación. Los elementos de innovación aportados por el proyecto son el diseño de soluciones, la instrumentación de las mismas, desarrollo de prototipos y elementos de tecnologías de proceso.

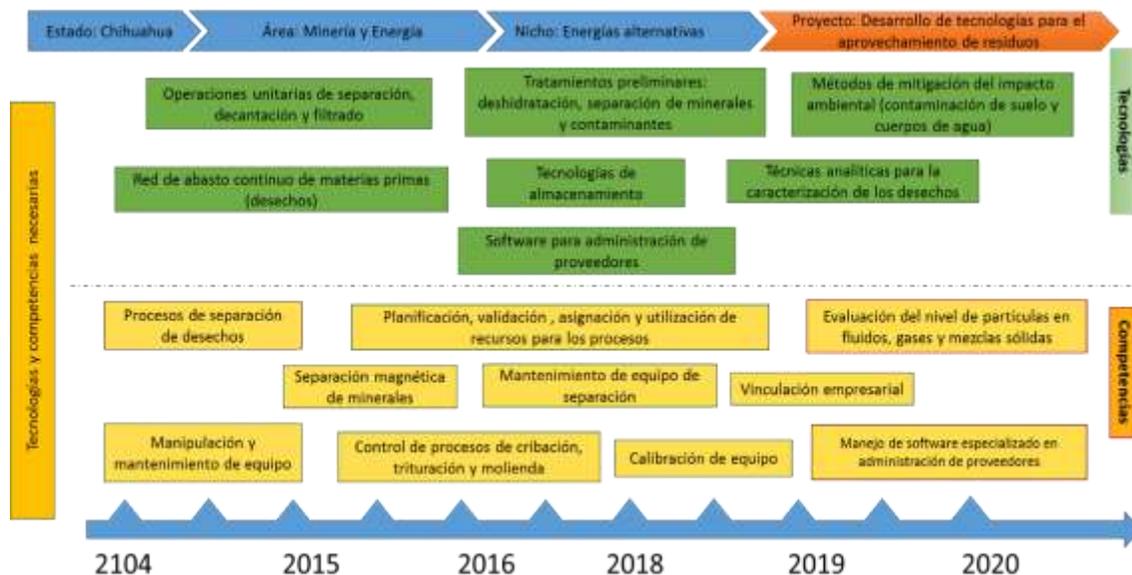
Como factores críticos para el éxito se identifican el liderazgo del clúster de Energía de Chihuahua, la colaboración con IES y centros de investigación para la gestión del conocimiento, y la vinculación empresa-gobierno-academia.

Título: *Desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de residuos para la obtención de energía.*

Objetivo: Diseñar una red eficiente de recolección, limpieza y acondicionamiento de los desechos industriales que puedan ser empleados como combustibles alternos de bajo costo y alta eficiencia calórica.

Justificación: Diversos procesos industriales generan desechos que pueden ser utilizados como combustibles alternos (por ejemplo los aceites lubricantes usados), con un consecuente ahorro económico que esto conlleva. Sin embargo, para que esta opción sea viable se requiere contar con la cantidad suficiente de desechos, garantizando que todos ellos provengan de fuentes similares, acopiarlos de una forma económica y pre-tratarlos para eliminar sustancias no convenientes para el proceso de combustión (por ejemplo, metales y agua). También es indispensable garantizar un abasto continuo de desechos. Así, el proyecto plantea la identificación y procesamiento de los desechos que pueden tener un mismo origen (o similar) y administrar adecuadamente su colecta, análisis y tratamiento para después incorporarlos nuevamente a los procesos de manufactura como energía.

Ilustración 24. Mapa de ruta del proyecto Tecnologías para el aprovechamiento de residuos para la obtención de energía



Fuente: CamBioTec A.C., 2014

Los elementos de innovación son las estrategias de logística de recolección y distribución, métodos de caracterización de desechos, técnicas para tratar los desechos y su proceso de conversión en energía.

Para la ejecución exitosa del proyecto se recomienda el liderazgo del clúster de Energía de Chihuahua, además de la celebración de convenios de colaboración con los integrantes de la red de proveeduría y transformación de desechos.

8. REFERENCIAS

- ABC.es. 2014. Acosta A. *La mayor planta solar térmica del mundo está en el desierto de Mojave*. Revista electrónica Natural. Disponible en: <http://www.abc.es/natural-energiasrenovables/20140228/abci-planta-solar-termica-mojave-201402281019.html>; 20 de noviembre de 2014.
- ABC.es. 2014. *Crean la primera batería solar del mundo*. En Revista electrónica ABC.es/Ciencia. Disponible en: <http://www.abc.es/ciencia/20141003/abci-crean-primera-bateria-solar-201410031738.html>; 24 de noviembre de 2014.
- Agenda Ciudadana de Ciencia e Innovación, Unión Europea (Agenda Ciudadana). 2010. Reto 2030. Disponible en: http://www.reto2030.eu/retos/reto_2.html?retold=2; 24 de noviembre de 2014.
- Asociación Nacional de Energía Solar, ANES 2009. Mercado de la Energía Renovable Cadena de Valor de la Generación Distribuida.
- Bullis K.; trad. Francisco Reyes. 2013. *Un material para generar energía solar a precio "casi regalado"*. MIT Technology Review. Disponible en: http://www.technologyreview.es/read_article.aspx?id=43661; 25 de noviembre de 2014.
- 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.
- CIDET. 2014. Paneles solares a base de perovskita favorecen la producción solar. Disponible en: <http://www.cidet.org.co/corporativo/noticias/paneles-solares-a-base-de-perovskita-favorecen-la-produccion-solar>; 24 de noviembre de 2014.
- Copco, A. (2014). Atlas Copco Productos. Recuperado el 2014, de Atlas Copco Productos: <http://www.atlascopco.com.mx/mxes/products/>
- Crisp Green. 2010. *GE Ecomagination Challenge Winners Announced*. Live OAK Media, 2010. Disponible en: <http://crispgreen.com/2010/11/ge-ecoimagination-challenge-winners-announced/>; 25 de noviembre de 2014.

Darhmouth/Petrenko Ice Management Technology. S/a. PETD wind blade anti-icing deicing short. Disponible en: <http://www.polar-star.us/>; 25 de noviembre de 2014.

Dr. Michel. (2014). FIMEX. Recuperado el Junio de 2014, de FIMEX: <http://www.fimex.com.mx/home.html>

Economía, S. d. (2012). Dirección de control documental e indicadores estratégicos. Recuperado el Junio de 2014, de http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/anuario_mineria_mexicana_2012_ed2013.pdf

El constructor. 2012. "Wind Lens", un nuevo tipo de generador eólico. Revista electrónica El constructor. Disponible en: <http://www.elconstructor.com.mx/index.php/secciones/desarrollo-sustentable-y-medio-ambiente/189-wind-lens-un-nuevo-tipo-de-generador-eolico>; 23 de noviembre de 2014.

Energía, S. d. (2014). SENER. Recuperado el 1 de Junio de 2014, de SENER: <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2673>

Energía, S. D. (2014). SENER. Recuperado el 1 de JUNIO de 2014, de SENER: http://www.energia.gob.mx/webSener/shale/shale_sp.html

Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) 2014. Agendas estatales y regionales de innovación, ¿Qué son las Agendas? Sitio web del proyecto. Disponible en: http://www.fumec.org/agendasinnovacion/?page_id=2; consultado en julio 31 de 2014.

INEGI. (2010). Cuéntame Economía. Recuperado el 28 de Mayo de 2014, de Cuéntame Economía: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/default.aspx?tema=E>

Institute, M. G. (2013). Tecnologías de impulso a transformaciones económicas.

Jacobson M. 2009. Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. Energy & environment science. 2009, 2; 148-173. Disponible en:

<https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/ReviewSolGW09.pdf>;
24 de noviembre de 2014.

Libros Vivos. (2013). Recuperado el 1 de Junio de 2014, de Libros Vivos:
<http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1080>

LM Wind Power. s/a. disponible en: <http://www.lmwindpower.com/>; 23 de noviembre de 2014.

Medina, V. R. (5 de Octubre de 2011). Tiene Chihuahua la mayor reserva solar del mundo.
El Sol de México, pág. 2.

México, E. d. (2009). E-local Chihuahua. Recuperado el Mayo de 2014, de E-local Chihuahua:
<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM08chihuahua/historia.html>

México, E. R. (2012). SENER. Recuperado el 1 de Junio de 2014, de SENER:
http://www.energia.gob.mx/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf

Minería, D. d. (Agosto de 2012). Secretaría de Economía de Chihuahua. Recuperado el 2014,
de Secretaria de Economía de Chihuahua:
http://www.chihuahua.com.mx/fomento/Presenta_Fomento/Funciones%20y%20Servicios%20-%20Mineria.pdf

Monterrey, E. E. (Diciembre de 2010). Sector Minería. México.

NRL News. 2014. *Wiens K. solar power when it's raining: NRL builds space satellite module to try*. Disponible en: <http://www.nrl.navy.mil/media/news-releases/2014/solar-power-when-its-raining-nrl-builds-space-satellite-module-to-try>; 20 de noviembre de 2014.

SANDVIK. (2014). SANDVIK products. Recuperado el Junio de 2014, de SANDVIK products:
<http://www.sandvik.com/en/products/>

SEMARNAT. (2010). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 1 de Junio de 2014, de Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales:

<http://www.renovables.gob.mx/res/1658/GuiaProgramasFomentoEnergiasRenovablesMunicipiosRepublicaMexicana.pdf>

Statoil. 2014. Hywind installation: How can we improve to bring more wind energy to the world? Disponible en: <http://innovate.statoil.com/challenges/hywind/Pages/default.aspx>; 24 de noviembre de 2014.

Video complementario. HyWind. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=GAyPpQ4gnjg>; 24 de noviembre de 2014.

Takraf, T. (2014). TENOVA takraf mining and minerals products. Recuperado el Junio de 2014, de http://www.tenovagroup.com/companies_takraf.php?id_company=10

Tendencias21. 2011. *Piacente P. nanotubos de carbono permiten el almacenamiento eficiente de energía*. Revista electrónica Tendencias21. Tendencias de la Ingeniería. Disponible en: http://www.tendencias21.net/Nanotubos-de-carbono-permiten-el-almacenamiento-indefinido-de-energia_a7050.html; 20 de noviembre de 2014.

Vercelli A. 2013. *EoleWater WMS 1000 turbina eólica de 30kw cosecha del aire más de 1000 litros de agua potable al día*. En Energías como bienes comunales, sitio web. Disponible en: <http://www.energias.bienescomunales.org/2013/02/28/eolewater-wms1000-turbina-eolica-de-30kw-cosecha-del-aire-mas-de-1000-litros-de-agua-potable-al-dia/>; 24 de noviembre de 2014.

Villa Neila. 2014. Especial de fractura hidráulica. Disponible en: <http://www.villaneila.com/web/index.php/fracking>; recuperado en diciembre 21, 2014.

Apéndice A: Propuestas de aprovechamiento de Energías Alternativas

Biogás

Actualmente la producción de energía con base en la extracción y combustión de gas metano para obtener energía eléctrica en el estado, se realiza ya en una escala significativa.

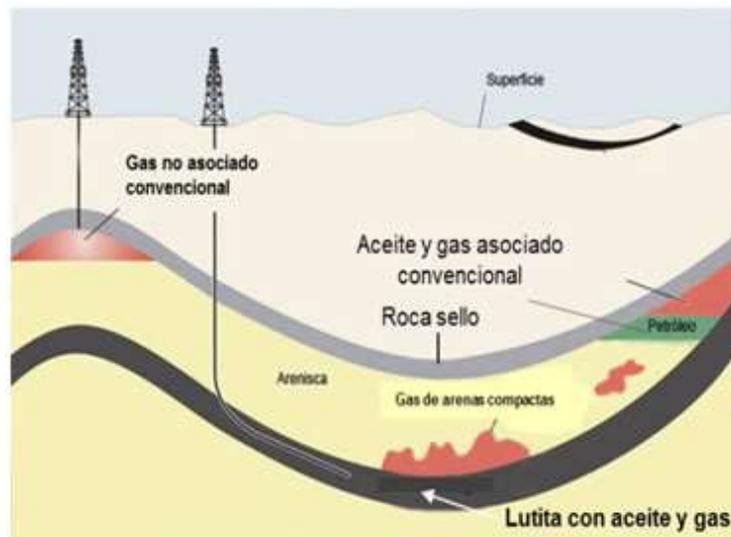
Se ubicó y visitó a la empresa “Biogás de Juárez”, misma que a partir de los desechos del relleno sanitario municipal de Ciudad Juárez, extrae el gas metano producto de la acción bacteriana y lo utiliza para la generación de energía eléctrica. La iniciativa tomada por esta empresa tiene mucha relevancia, tomando en cuenta que el precio de la electricidad en el estado es elevado, además que se habla de un proceso de reciclamiento energético, es decir que la materia orgánica que una vez requirió energía para poder realizarla hoy en día se recupera para volver a transformarla en energía, en este caso eléctrica.

Su producción actual representa el 30% de la energía total que consume el alumbrado público de Ciudad Juárez, lo que a gran escala tal vez no sea tan relevante pero sí un importante aporte energético para el consumo que existe en la ciudad. Esta tendencia toma mucha importancia y es un claro ejemplo a seguir con respecto a fuentes alternas para producir energía que no sea de tanto impacto ambiental, es por esto que la necesidad de la innovación en el sector de energía es de suma importancia para el desarrollo social y económico del estado.

Gas Shale

La teoría geológica aceptada sobre el origen del gas natural de esquisto es la de la formación orgánica, pues las plantas utilizan energía solar para convertir el dióxido de carbono y el agua en oxígeno e hidratos de carbono mediante fotosíntesis. Los restos de las plantas y de los animales que las consumieron se aglomeraron en sedimentos sepultados. A medida que la carga de sedimentos aumenta, el calor y la presión de entierro convierten los hidratos de carbono en hidrocarburos. El gas natural se gesta dentro de finos granos color negro que, al acumularse, forman rocas orgánicas o lutita. La presión sedimentaria tiende a expulsar el mayor volumen de gas hasta la parte más porosa y permeable de la roca. El gas remanente atrapado en la roca se denomina gas *shale*, gas de lutita, gas de esquisto o gas de pizarra. Esa roca sedimentaria alguna vez fue lodo depositado en el fondo de aguas generalmente quietas como extensas zonas lacustres y el fondo del océano, en la Ilustración 22 se hace una representación geológica de la ubicación gas del *shale*.

Ilustración 25: Ubicación geológica del shale gas



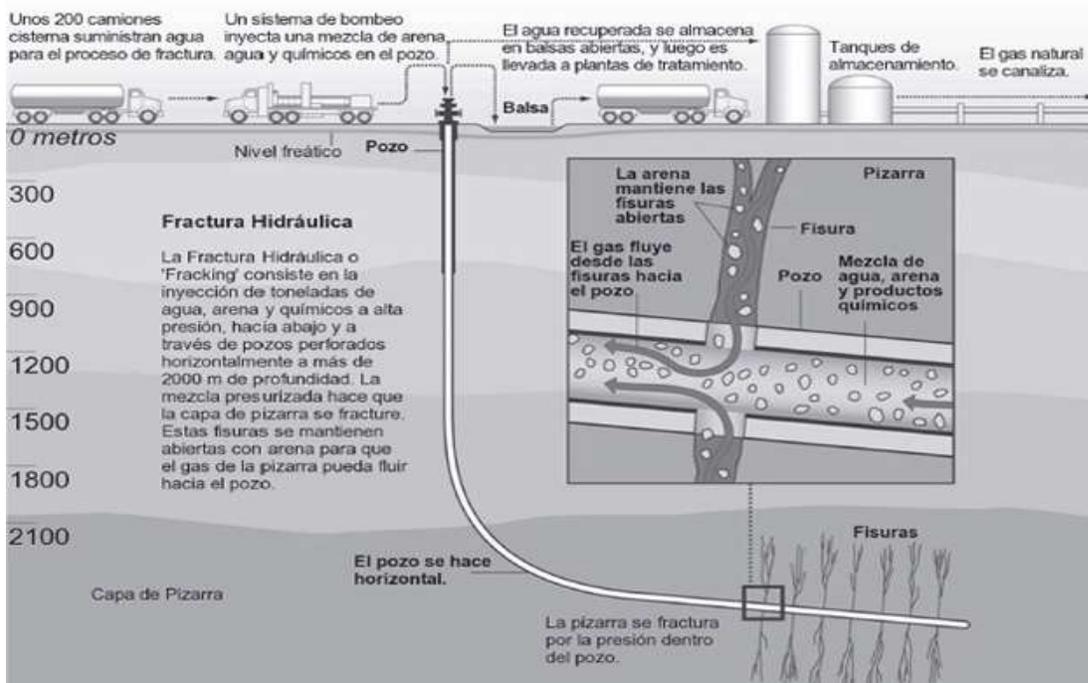
Fuente: The U.S. Energy Information Administration y U.S. Geological Survey Fact Sheet 0113-01.

Método de Extracción

La distinción entre yacimientos convencionales y no convencionales de gas o crudo ha sido la de mayor uso en el lenguaje industrial. Pero la gama comprende distintas fases de transformación, desde el gas o el crudo con alto contenido de gas, alta porosidad y permeabilidad, hasta el *tight gas* (gas de arenas compactas), cuyo rendimiento es más bajo, y el gas *shale* de yacimientos con escaso contenido de metano, muy baja porosidad y permeabilidad.

Por lo tanto para extraer un recurso de este tipo, es necesario crear barrenos en el suelo con una técnica peculiar de perforación llamada “fracturación hidráulica” (*fracking*, por su nombre en inglés) para perforar pozos de forma horizontal, pozos multilaterales (de múltiple origen) y otras técnicas relacionadas con la perforación de pozos, hasta lograr llegar a la zona en donde se encuentra el yacimiento. El *fracking* se usa en todos los hidrocarburos alojados en rocas de baja permeabilidad, como el tight gas, el gas de carbón y el gas y el crudo de lutitas (véase la Ilustración 23).

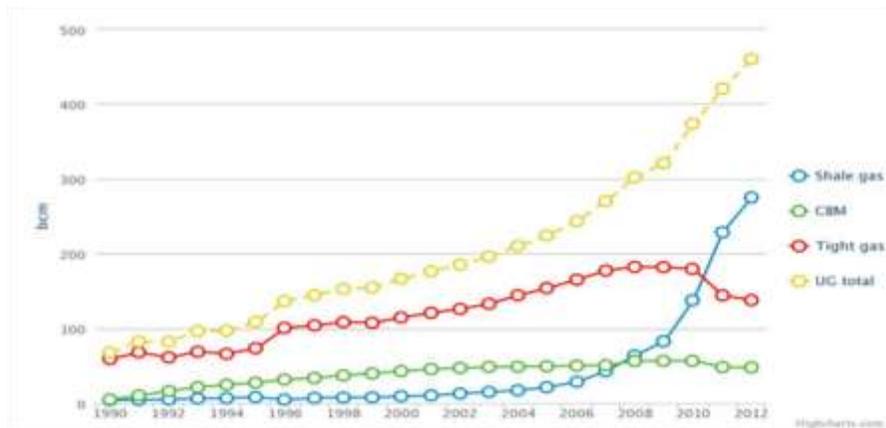
Ilustración 26: Proceso de extracción *fracking* para gas de lutita



Fuente: VillaNeila, 2014.

La experiencia del desarrollo de esta industria en los Estados Unidos, muestra por un lado un incremento sustancial en el consumo de este energético, Ilustración 20.

Ilustración 27. Tendencia en el consumo de gas en Estados Unidos (1990-2012)



Fuente: U.S. Department of Energy's Energy Information Administration (EIA).
Nota: bcm= miles de millones de metros cúbicos

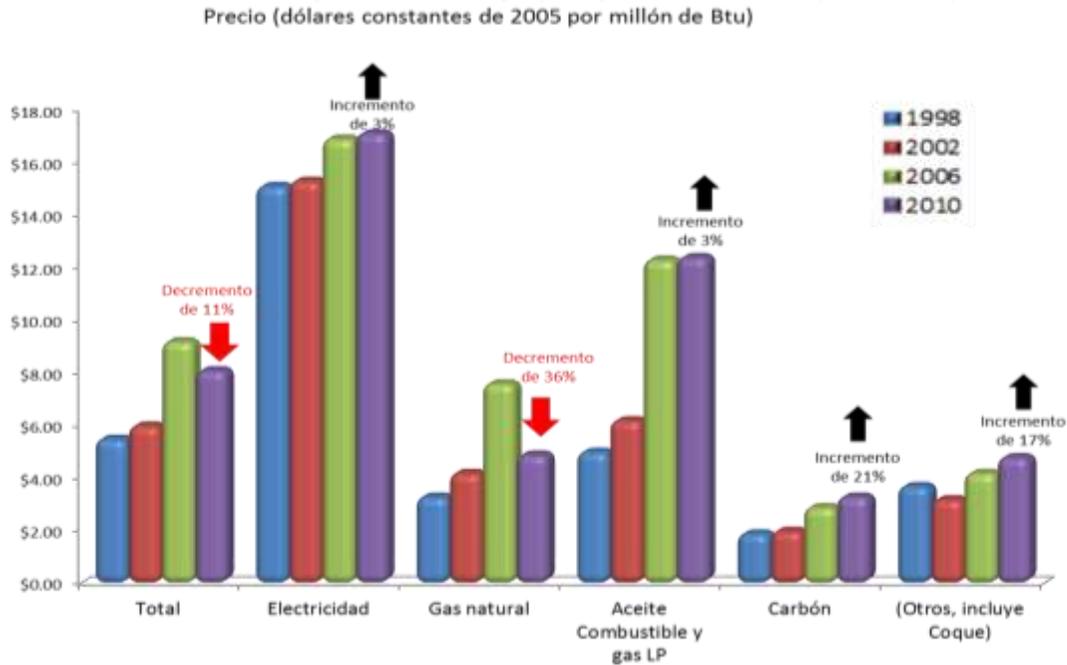
El éxito en el consumo de gas *shale* en Estados Unidos, se encuentra asociado directamente con sus costos, que registran un decremento del 36% en el precio del gas natural, entre 2006 y 2010, lo que ha provocado a su vez un descenso en los precios del total de los combustibles en 11% (Ilustración 21).

Sin embargo, en los Estados Unidos también se han registrado una serie de dificultades que deben considerarse al momento de tomar decisiones definitivas respecto a la extracción en territorio mexicano.

Por un lado, existe la discusión sobre la sustentabilidad de la extracción, puesto que Chihuahua es un estado en donde el agua es uno de los recursos naturales menos abundantes y en virtud de las grandes cantidades de químicos que se requieren inyectar para provocar la permeabilidad de la lutita y la extracción del gas. Y simultáneamente, los químicos y sustancias que se incorporan al agua para provocar los procesos, incluyen en su composición sustancias tóxicas para la salud; si bien no existen análisis precisos para confirmar el impacto a la salud, ya que estas formulaciones son consideradas secretos industriales lo cual impide conocerlas y analizarlas.

Por otra parte, en Texas se han registrado severos incrementos inflacionarios semejantes a los que se observan en los sitios con explotación petrolera, en las localidades donde se extrae el gas shale, además de una rivalidad con otras industrias por la disponibilidad de técnicos especializados (LOTT, 2014).

Ilustración 28. Promedio de precios de energía para productores, USA (1998-2010).



Fuente: U.S. Department of Energy. Energy Information Administration (EIA).

En México, Petróleos Mexicanos (PEMEX) inició los trabajos exploratorios de shale gas-oil a principios del año 2010. Identificó 5 provincias geológicas con potencial para producir gas shale: 1) Chihuahua, 2) Sabinas-Burro-Picachos, 3) Burgos, 4) Tampico-Misantla, 5) Veracruz. En 2011, PEMEX estimó un potencial, considerando principalmente recursos de gas natural, en un rango de 150 a 459 TCF, con un recurso medio de 297 TCF, equivalente a alrededor de 60 miles de millones de barriles de petróleo equivalente (MMbpe).

En 2012, la paraestatal actualizó sus estimaciones para la cuenca de Sabinas-Burro-Picachos-Burgos y Tampico-Misantla, en donde los resultados arrojaron que la proporción de aceite de lutitas es más de la mitad de los recursos totales. Cabe mencionar que el recurso medio en términos de crudo equivalente, de 60 MMMbpe, es el mismo que el de las estimaciones de 2011.

PEMEX ha identificado un área prospectiva de 43,000 km². En la fase de evaluación, la paraestatal contempla realizar estudios sísmicos en un área de 10,320 km². Adicionalmente, para acelerar la evaluación de los recursos en las principales áreas prospectivas, el Fondo "Conacyt-Sener-Hidrocarburos" está financiando un proyecto de adquisición y análisis de sísmica, bajo la coordinación del Instituto Mexicano del Petróleo, en las principales áreas prospectivas del país, en una superficie de 2,700 km², según reporta Secretaria de Economía.

En Chihuahua, el gas shale se prospecta con un gran potencial, el cual de encontrar los métodos y procesos de obtención adecuada y factible, mismos que puedan llegar a formar parte de un cooperativismo con el medio ambiente, vendrían a revolucionar algunas industrias que requieren energía suficiente y a bajo costo en sus procesos de operación; tal es el caso de la industria del vidrio, algunos cerámicos, fertilizantes y otras industrias cuya base de producción es la disponibilidad de gas.

En términos de las posibilidades de desarrollo de la industria local como parte del proceso de extracción de gas shale, los datos disponibles indican que ante la magnitud de los volúmenes necesarios para darle rentabilidad a la explotación de este producto, los procesos de extracción absorben cantidades multimillonarias de dólares para operar, así como una experiencia de mercado que ya ha sido desarrollada por las empresas norteamericanas.

Sin embargo, la proveeduría industrial hacia las empresas encargadas de la extracción puede resultar una importante opción para las empresas chihuahuenses.

Al momento del desarrollo de la Agenda, se identificó la puesta en marcha de una iniciativa privada para identificar las oportunidades de proveeduría en este sector, por lo que habrá de esperarse la conclusión de los análisis para integrar, a la brevedad y en la medida de lo posible, a los grupos de empresas que resulten candidatos viables para detonar la

proveeduría señalada, incluyéndola para su consolidación en las políticas públicas de desarrollo estratégico, en el plano económico y en el plano de la innovación, tanto en el Plan Estatal de Desarrollo como en las iniciativas de la presente Agenda.

Finalmente, cabe enunciar algunos aspectos e indicadores relevantes del reciente subsector Energías Alternativas que en el contexto nacional, sirven de marco referencial para las estrategias a desarrollar en Chihuahua:

- ✓ El abastecimiento del 87% de la demanda de energía en el mundo, de fuentes de energía no renovable, es una evidencia contundente de la falta de desarrollo de este subsector hacia el uso de energías renovables que sean amigables con el medio ambiente, pero que, a la vez, ofrezca un modelo de desarrollo social y económico sustentable de las regiones. El indicador de México está muy próximo a la media mundial, utilizamos un 89% de fuentes de energías no renovables para abastecer la demanda nacional, sin embargo, con la ventaja de contar con una amplia disponibilidad de dichos recursos naturales, provenientes tanto de fuentes renovables como de no renovables.
- ✓ Se tiene una expectativa nacional favorable, con el marco constitucional de uso y manejo de fuentes de energía recientemente aprobado en la reforma energética para la generación de energía de bajo costo mediante tecnologías limpias.
- ✓ Chihuahua tiene un amplio potencial para el desarrollo de energía proveniente de fuentes renovables como la energía solar; el territorio estatal cuenta con los niveles de irradiación más altos del mundo, al grado tal que podría llegar a convertirse en la reserva más grande del planeta de la industria solar. Sin embargo, esta industria tiene un desarrollo incipiente a nivel local.
- ✓ Recientes estudios de PEMEX, colocan a Chihuahua con un amplio potencial de aprovechamiento de gas shale, por sus reservas en la frontera. Una desventaja de

esto pudiera ser el que dichas reservas se encuentran compartidas geológicamente, en el subsuelo, con los Estados Unidos, lo que trae como requisito el tener que hacer regulaciones y cambios del marco legal para establecer convenios de colaboración en la extracción y explotación, tanto con este país como con el sector privado, para de esta manera, potencializar en menor tiempo esta actividad económica, lo que pudiera tener grandes beneficios, no solo económicos sino también sociales, si se logra el supuesto de abaratar los costos al consumidor final de este sector.

- ✓ A manera de recomendaciones, se deberán de conjuntar esfuerzos para generar un modelo de desarrollo y crecimiento sustentable de esta actividad en el estado, considerando las experiencias exitosas ya existentes (por ejemplo Biogás de Juárez), en las que se encuentran retos y oportunidades de proveeduría y multiplicación de empresas que puedan desarrollar componentes específicos, integrando al sector público, para generar en el corto plazo las políticas públicas necesarias; a las instituciones de educación superior e investigación, para generar las líneas de innovación tecnológica que permitan aprovechar, de la mejor forma, las posibilidades de estas energías; al sector privado, empresas y empresarios, para que inviertan en negocios de infraestructura de producción, comercialización y servicios; y a los usuarios para que sean consumidores conscientes hacia el uso de estas nuevas fuentes de energía.

Apéndice B: Entidades gubernamentales federales y estatales de apoyo al sector

Las entidades de gobierno que apoyan al sector, tanto de nivel federal como estatal, fungen como facilitadoras de distintas herramientas para el crecimiento de todos los segmentos que comprenden la Minería y potencialmente, el aprovechamiento de Energías Alternativas. Entre las funciones que realizan se encuentran:

- La conducción de agentes del sector, hacia las diferentes dependencias según sus requerimientos.
- Informar sobre las diferentes convocatorias de apoyo al sector.
- La promoción del mejor aprovechamiento de los recursos minerales.
- Fomentar y promover de la inversión para contribuir al crecimiento del sector.
- Apoyar al desarrollo de proyectos de la pequeña minería.
- Certificar reservas minerales.
- Generar y desarrollar proyectos para los diferentes segmentos mineros y potencialmente de energías alternativas del estado.
- Brindar asistencia técnica que facilite la adecuada planeación de uso del suelo.
- Facilitar el acceso a la información geológico-económica.
- Realizar estudios e interpretación de análisis químicos, físico-químicos y metalúrgicos, y de potencial en fuentes energéticas alternativas.

El gobierno del estado a través de la Secretaría de Economía, ha orientado sus esfuerzos para apoyar y detonar el alto potencial que representa la minería en Chihuahua. Se ha dedicado a fortalecer las actividades mineras, con programas de capacitación, modernización y diversificación, con el objeto de dar un mayor impulso a la Minería estatal.

La dirección de minería se constituye de diferentes áreas de apoyo y atención para los mineros del estado, las cuales son:

- Cuenta con un Departamento de Operación Minera, que apoya mediante visitas técnicas a los proyectos mineros y proporciona asesorías en materia geológica, topográfica y metalúrgica.
- En el campo del desarrollo regional y financiamiento, realiza esfuerzos mediante la elaboración de estudios regionales con los que puede determinar las áreas de oportunidad de los distintos distritos mineros que integran el estado, llevándoles capacitación y financiamiento.

También cuenta con un Departamento de Planeación Minera, responsable de simplificar e informar los tramites que debe cubrir una empresa minera que inicia, así como apoyar con la gestión a quienes amplían sus operaciones en el estado (Minería, 2012).

Existen diferentes apoyos para la minería estatal, que van desde apoyos para la gran minería hasta la pequeña minería, logrando apoyar a la adquisición de equipos, planes de negocio y en ocasiones hasta para la comercialización de minerales.

Actualmente debido a la gran importancia de la pequeña minería del estado se han generado diferentes apoyos para ella, y existen dos instituciones del gobierno que han proporcionado tradicionalmente apoyos técnicos y financieros a la pequeña minería: el Consejo de Recursos Minerales (actualmente, Servicio Geológico Mexicano) y el Fideicomiso de Fomento Minero.

El Servicio Geológico Mexicano (SGM) es un organismo coordinado sectorialmente por la Secretaría de Economía y regido por la Ley Minera (Diario Oficial de la Federación "DOF" del 26 de junio de 1992, reformada el 28 de abril de 2005) y su Reglamento de la Ley Minera (DOF 15 de febrero de 1999). El SGM tiene por objeto promover el mejor aprovechamiento

de los recursos minerales de la nación a través de las 26 actividades que le confiere la Ley Minera en su artículo 9°.

El Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI), por su parte, brinda asistencia técnica y financiera a personas físicas y morales dedicadas a la actividad minera. Los objetivos del mismo son:

- Promover el desarrollo de empresas de la cadena productiva minera para fortalecer la demanda interna, dar valor agregado a los minerales industriales, sustituir importaciones y favorecer exportaciones.
- Mejorar las técnicas de exploración, explotación, beneficio, industrialización y comercialización de todo tipo de minerales metálicos y no metálicos (excepto hidrocarburos).
- Apoyar el financiamiento de tecnologías que contribuyan al cuidado del medio ambiente

El Programa Minero de Chihuahua cuenta con apoyos a la pequeña minería, los que se encuentran clasificados en los siguientes rubros:

Financiamientos: Créditos de Habilitación o Avío, Anticipo de Minerales y Créditos Refaccionarios, apoyando a personas físicas o morales de nacionalidad mexicana, que realicen actividades mineras dentro del estado de Chihuahua.

Programa de Infraestructura Básica: Dicho programa tiene como objetivo la colaboración económica para el fomento y apoyo a la reactivación de distintos distritos mineros de Chihuahua, mediante destinar recursos para la construcción de distintas obras que permitan a la minería social cumplir con condiciones necesarias para poder llevar a cabo alguna operación minera, como caminos, polvorines, estudios regionales, entre otros.

Visitas Técnicas: Apoyo a concesionarios mineros en la elaboración de estudios de sus minas, mismos que permitan el acceso a socios o inversionistas conocer las características de cada yacimiento, así como tener acceso a otros programas de fomento que operen actualmente.

Convenios: Elaboración de estudios geológicos y metalúrgicos a través del Servicio Geológico Mexicano, a proyectos mineros que lo soliciten, pagando estos solo el 10% del valor de dicho estudio, la Secretaría de Economía subsidia el 45% y Gobierno del Estado el 45% restante.

Programa de Exploración: Apoyo a concesionarios mineros con la fianza o garantía del 10% del monto aprobado para exploración a través del Servicio Geológico Mexicano, en créditos a capital de riesgo hasta por 1.5 millones por proyecto.

Inicio del nuevo Fondo de Garantías Líquidas: Apoyo a empresas mineras con créditos de avío, refaccionarios y anticipo de minerales a través del Fideicomiso de Fomento Minero, a través de su nuevo programa de apoyo a pequeños mineros, donde el gobierno del estado aportara una garantía líquida hasta por el 50% del monto autorizado, facilitando así el acceso al financiamiento de pequeños productores de Chihuahua. Iniciando esto con una línea de 20 millones de pesos.

Programa de Desarrollo Comunitario: Se trabaja en conjunto con la industria minera el programa de gestión para la Responsabilidad Social Empresarial con el objeto de colaborar con el desarrollo sustentable en las comunidades de influencia en las que se desarrollan actualmente actividades mineras.

Desarrollo de Habilidades en Comunidades Mineras: Tiene como objetivo el desarrollo de distintas habilidades en las comunidades mineras, mismo que nos permita contar con personal calificado en áreas donde existe oportunidad de desarrollo, mejorando así las condiciones de vida de los habitantes de dichas comunidades.

Simplificación Administrativa en Trámites: Apoyar con la gestión de trámites a través de los Módulos, Sistema Apertura Rápida de Empresas (SARE) que trabajan actualmente en Chihuahua, iniciando esto con el trámite de Uso de Explosivos, mismo que incluye la exención del pago de derechos por la anuencia del gobierno estatal, en caso de personas físicas que lo soliciten.

Directorio y Anuario Minero de Chihuahua: Se concluyó la nueva edición Chihuahua Minero, con el objeto de dar a conocer las bondades de la minería en Chihuahua, además de mantener actualizado el Directorio Minero de Chihuahua, mismo que incluye más de 100 proveedores locales de distintos productos y servicios.

En el caso específico del aprovechamiento de fuentes de energía alternativas, las siguientes instituciones ofrecen apoyo para el desarrollo de este sector:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT.

- Mediante el Fondo Sectorial de Energía SENER-CONACYT, se apoyan proyectos de alto impacto. Un ejemplo es la creación del CEMIE-Geo
- Fondo Mixto Baja California: ofrece apoyos para atender demandas específicas definidas por el gobierno del estado.
- Fondos de apoyo al desarrollo tecnológico y la innovación: PEI, Finnova y FIT

Secretaría de Energía, a través del citado Fondo Sectorial SENER-CONACYT y el Fondo Sectorial CFE-CONACYT.

Instituto Nacional del Emprendedor, INADEM, mediante apoyos para capacitación, equipamiento, desarrollo de proveeduría nacional y desarrollo regional.

Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de Energía¹⁰.

Impulsa al sector energético con proyectos, programas y acciones para conseguir un mayor uso de las fuentes de energía renovable y las tecnologías limpias.

Fondo Sectorial de Sustentabilidad Energética SENER-CONACYT. Apoya a instituciones de educación superior y centros de investigación que promuevan la innovación e investigación científica y tecnológica para fuentes renovables de energía, eficiencia energética, uso de tecnologías limpias y la diversificación de fuentes primarias de energía.

Incentivos fiscales

Arancel cero: exenta del pago de impuesto general de importación o de exportación a equipos anticontaminantes y sus partes: maquinaria, equipo, instrumentos, materiales, animales, plantas y demás artículos para investigación y desarrollo tecnológico.

Depreciación acelerada de activos fijos: permite la depreciación del 100% de las inversiones en equipo y maquinaria para la generación de energía a través de fuentes renovables (ProMéxico, 2013).

Otras fuentes de Financiamiento

Nacional Financiera, S.N.C. (NAFIN) se encarga de financiar el desarrollo de proyectos de Energías Renovables a través del fondeo con recursos de organismos internacionales, financiamiento con emisión de capital y colocación de deuda para proyectos en construcción o en operación.

Banco Nacional de Obras y Servicios, S. N.C. (BANOBRAS): Banco de Desarrollo que trabaja con el sector público y privado a través del financiamiento de proyectos de infraestructura

y servicios públicos de los gobiernos locales, apoya su fortalecimiento financiero e institucional y promueve la inversión y financiamiento privado.

Banco Nacional de Comercio Exterior (Bancomext) cuenta con fondeo externo para proyectos sustentables a largo plazo que incluyen proyectos de generación de Energías Renovables, protección y mejora ambiental y Mecanismos de Desarrollo Limpio.

Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) financia la instalación de tecnologías de Energías Renovables y eficiencia energética utilizadas en agronegocios de áreas rurales.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE): Financiamiento a proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica hasta de 500 KW, para la adquisición e instalación de equipos y sistemas, con el uso de fuentes de Energías Renovables (ProMéxico, 2013).

Programas

Servicios Integrales de Energía (SIE) para Pequeñas Comunidades Rurales en México: proyecto de electrificación rural que tiene como objetivo proveer de servicio eléctrico a aquellas comunidades aisladas del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) con fuentes renovables. Este programa tiene como meta beneficiar a 50,000 viviendas (aproximadamente 250,000 habitantes) en un período de ejecución de cinco años. La primera fase se desarrolla en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz.

Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México 2007-2012 (PROCALSOL): programa que impulsa el ahorro de energía en el calentamiento de agua de los sectores residencial, comercial, industrial y agrícola.

Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltaicos en México (PROSOLAR): programa que pretende impulsar en el corto y mediano plazo la tecnología solar fotovoltaica y garantizar el crecimiento del mercado con calidad. Esto a través de cuatro líneas de acción: 1) marco

regulatorio y normativo adecuado, 2) financiamiento, 3) capacitación; e 4) información y difusión (ProMéxico, 2013).

Apéndice C: Análisis del impacto de las tecnologías para generación de energía con fuentes renovables: Resumen de Artículo

Revisión de las soluciones al calentamiento global, la contaminación ambiental y la seguridad energética.

**Mark Z. Jacobson
Energy & Environmental Science**

“Este artículo revisa y clasifica las principales soluciones relacionadas con la energía ante el calentamiento global, la contaminación del aire y la seguridad energética, teniendo en cuenta otros impactos de las soluciones propuestas, tales como: el consumo de agua, el uso del suelo, impacto en la vida silvestre, la disponibilidad de recursos, la contaminación térmica y química del agua, la proliferación nuclear, y la desnutrición. Se consideran nueve fuentes de energía eléctrica y dos opciones de combustibles líquidos. Las fuentes de energía eléctrica-incluyen la energía solar fotovoltaica (PV), la energía solar concentrada (CSP), eólica, geotérmica, hidroeléctrica, de las olas (undimotriz), de las mareas (mareomotriz), la energía nuclear y el carbón con tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CCS). Las opciones de combustibles líquidos incluyen etanol de maíz (E85) y etanol celulósico (E85). Para ubicar las fuentes eléctricas y los combustibles líquidos en condiciones de igualdad, examinamos sus capacidades comparativas para hacer frente a los problemas

mencionados, como fuentes de energía en vehículos de nueva tecnología, que incluyó los vehículos de batería eléctrica (BEVs), vehículos de pila de combustible de hidrógeno (HFCVs) y vehículos con combustible E85. Se consideran doce combinaciones de vehículos por tipo de fuente de energía. Tras la clasificación y ponderación de cada combinación con respecto a cada una de las 11 categorías de impacto, resultaron cuatro claras divisiones de rango, o niveles. Nivel 1 (el más alto del ranking) incluye vehículos “BEVs eólicos” y “HFCVs eólicos”. El Nivel 2 incluye vehículos “CSP-BEV”, “BEV geotérmicos”, “PV-BEV”, “BEVs-mareomotriz” y “BEVs-undimotriz”. El Nivel 3 incluye vehículos “hidro-BEV”, “BEVs nucleares” y “CCS-BEV”. El Nivel 4 incluye los propulsados por combustibles de maíz y celulósico-E85. **Los “BEVs eólicos” ocuparon el primer lugar en siete de las 11 categorías, entre ellas las dos más importantes: reducción de la mortalidad y reducción del cambio climático.** Aunque los vehículos HFCVs son mucho menos eficientes que los BEV, los vehículos “HFCVs eólicos” son todavía muy limpios y se clasificaron en segundo lugar entre todas las combinaciones. En el Nivel 2, las opciones proporcionan beneficios significativos y se recomiendan. Para el Nivel 3, las opciones son menos deseables. Sin embargo, la energía hidroeléctrica, que se clasificó por encima de carbón-CCS y de la energía nuclear, con respecto al clima y la salud, es un equilibrador de carga excelente, por lo tanto, se recomienda. Las combinaciones en el Nivel 4 (etanol celulósico-E85 y etanol de maíz-E85) se clasificaron más bajo en general y con respecto al clima, la contaminación del aire, el uso del suelo, los daños hacia la vida silvestre, y residuos químicos. La propulsión con etanol celulósico-E85 se clasificó más bajo que el etanol de maíz-E85; principalmente debido la información más reciente sobre su huella ecológica potencialmente mayor, y por sus altas emisiones de contaminación del aire, que superan al etanol de maíz-E85. Mientras el etanol celulósico-E85 puede causar la mayor mortalidad humana en promedio, los vehículos “BEVs nucleares” se ubican en el límite superior del riesgo de mortalidad, debido a la expansión de la separación de plutonio y el enriquecimiento de uranio en las instalaciones de energía nuclear en todo el mundo. Los vehículos “BEVs eólicos” y “CSP-BEVs” causan la menor mortalidad. El área de la huella

ecológica de “BEVs eólicos” es de 2-6 veces menor que la de cualquier otra opción. Debido a su menor huella ecológica y baja contaminación, los vehículos “BEVs eólicos” producen la menor pérdida de vida silvestre. El mayor consumidor de agua es el etanol de maíz-E85. Los más bajos son “BEVs eólicos”, “BEVs mareomotriz”-, y los “BEVs undimotriz”. En teoría, EE.UU. podría reemplazar todos los vehículos 2007 en circulación con BEVs impulsados por turbinas eólicas de 73000-144000 5 MW, que son menos de los 300,000 aviones producidos durante la Segunda Guerra Mundial, reduciendo el CO2 de los Estados Unidos de 32.5 a 32.7% y casi eliminar las muertes 15,000 anuales relacionadas con la contaminación del aire hacia 2020. En suma, el uso del viento, CSP, geotérmica, mareomotriz, PV, undimotriz, y la hidráulica para suministrar electricidad a los BEV y HFCVs y, por extensión, la electricidad para los sectores residencial, industrial y comercial, resultará en el mayor beneficio entre las opciones consideradas. La combinación de estas tecnologías debería avanzar como una solución ante el calentamiento global, la contaminación del aire y la seguridad energética. El uso de carbón-CCS y energía nuclear ofrecen menos beneficios, por lo tanto, representan una pérdida de inversión, y las opciones de biocombustibles proporcionan beneficios inciertos y los mayores impactos negativos.”

Artículo en línea, disponible completo en:
<https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/ReviewSolGW09.pdf>