CARTERA DE NECESIDADES DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

GEOTERMIA

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

FONDO
DE SUSTENTABILIDAD
ENERGÉTICA

IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

2017

Información General del Proyecto

Número de proyecto IMP
F.61493. Mapas de Ruta Tecnológica para los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE´s).

Jefa de Proyecto
M en C. María Georgina Ortiz Gallardo.

Responsable del reporte
M en A. César Andrés de la Fuente Melo.

Colaboradores
Dr. Renato Castro Govea.
M en A. Martha Beatriz Rodríguez Hidalgo.
Dr. Sebastián Madrigal Olán.
Ing. Wuilliam Bermudez Mendoza.
Dr. Agustín González Ortiz.

Diseño Editorial
Lic. Carlos Alberto Torres de Loera.

Información del Cliente

Entidad solicitante: Fondo Sectorial CONACYT-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética
M en I. Ernesto Gabriel Hernández Montoya.
Secretario Administrativo del Fondo Sectorial CONACYT – Secretaría de Energía- Sustentabilidad Energética.

Coordinador del Proyecto por parte de la Secretaría de Energía
Dr. Edgar Santoyo Castelazo.
Director de Innovación Tecnológica.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 7
2 MARCO DE REFERENCIA 9
3 NECESIDADES TECNOLÓGICAS 12
4 CÉDULAS DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS 16
ANEXO I. RETOS TECNOLÓGICOS DEL MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN GEOTERMIA - GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD 33
REFERENCIAS 34

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso general para la identificación de necesidades tecnológicas. 9

ÍNDICE DE TABLAS

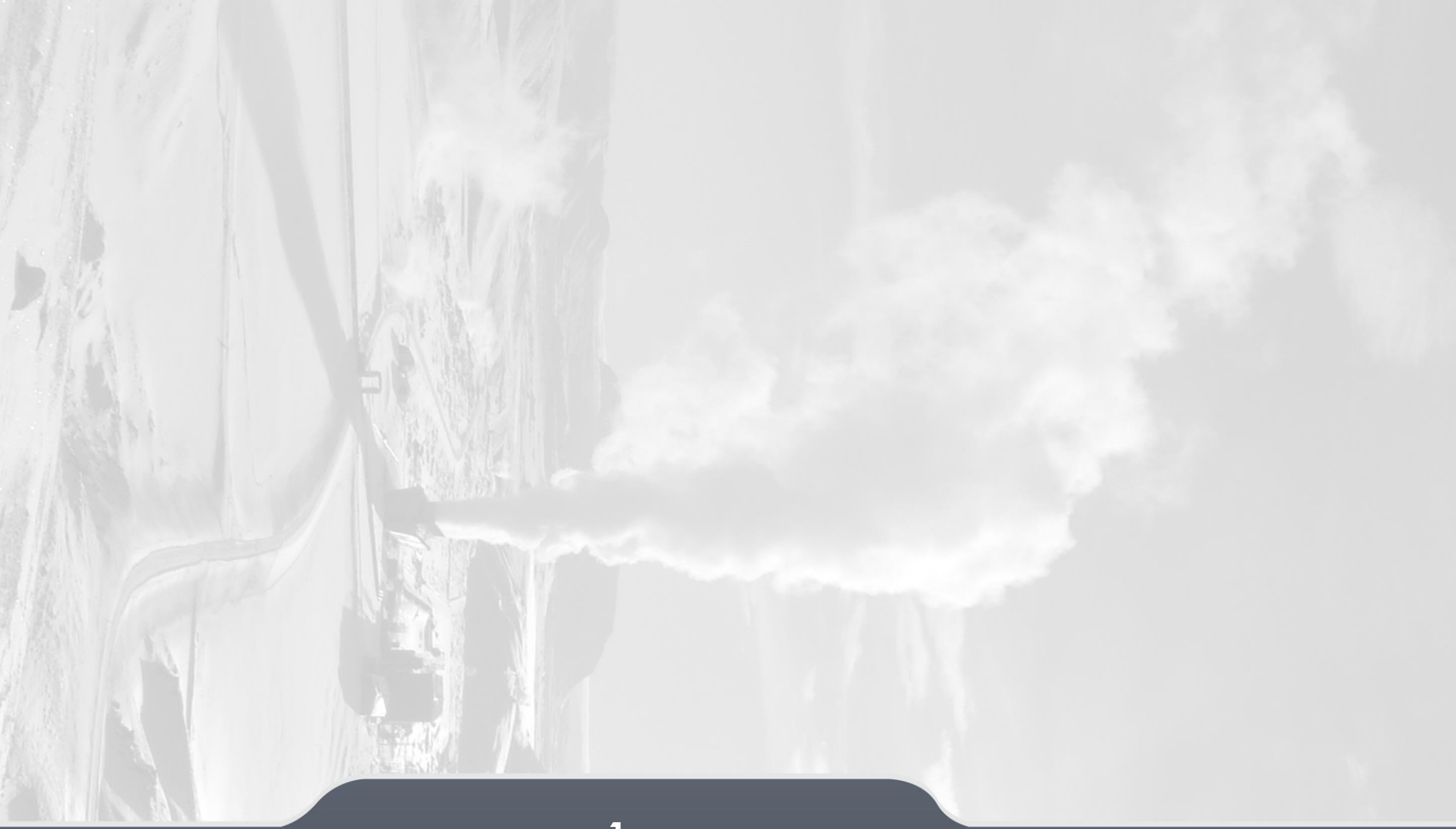
Tabla 1. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para incrementar el aprovechamiento de los recursos de mediana y alta entalpía..... 12
Tabla 2. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos de baja entalpía. 13
Tabla 3. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos no convencionales: súper calientes 13
Tabla 4. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos no convencionales: roca seca caliente 14

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

CEMIE-Geo	Centro Mexicano de Innovación en Geotermia
CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
ENAL	Energías Alternas, Estudios y Proyectos SA. de CV
FSE	Fondo de Sustentabilidad Energética
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INEEL	Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
MRT	Mapa de Ruta Tecnológica
NT	Necesidades Tecnológicas
SENER	Secretaria de Energía
UMSNH	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.



1.

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

El presente reporte forma parte de los entregables asociados al Mapa de Ruta Tecnológica de Geotermia que el Instituto Mexicano del Petróleo realizó para el Fondo Sectorial CONACYT – Secretaría de Energía - Sustentabilidad Energética (FSE). Lo anterior, forma parte de las acciones que lleva a cabo el Fondo para fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas del país, a fin de soportar el desarrollo de la industria de la geotermia y del correspondiente Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CEMIE-Geo), cuya operación dio inicio en 2014 y está encabezado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

El Mapa de Ruta Tecnológica en Geotermia tuvo como propósito principal identificar los retos tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía geotérmica al 2030. Para ello, se realizó un proceso de trabajo que involucró, entre otras actividades, la realización de talleres en los que participaron especialistas en geotermia reconocidos por su conocimiento y experiencia en el país, adscritos a organizaciones como Secretaría de Energía, Comisión Reguladora de Energía, CONAGUA, Comisión Federal de Electricidad, Grupo Dragón, ENAL, CICESE, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), entre otras. Durante los talleres, los especialistas establecieron en consenso, la visión de la geotermia al 2030, así como los retos tecnológicos y acciones por realizar para alcanzarla.

A partir de los retos tecnológicos que se establecieron en el mapa de ruta y de sus problemáticas asociadas, mismas que fueron expresadas por los participantes en los talleres efectuados; se llevó a cabo un ejercicio complementario con especialistas del IMP, ***para identificar de manera exploratoria,*** *necesidades tecnológicas* que puedan emplearse para establecer iniciativas de proyectos orientados al fortalecimiento de las capacidades tecnológicas que requiere el país para fortalecer la industria. La información de las necesidades identificadas podría ser empleada como un insumo para la actualización de la planeación tecnológica del CEMIE-Geo.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

2.
MARCO DE REFERENCIA

2 MARCO DE REFERENCIA

Para llevar a cabo la identificación de las necesidades tecnológicas, el IMP aplicó una metodología propia (IMP, 2016) que se basa en el concepto de capacidades tecnológicas (conocimiento, infraestructura, métodos de trabajo, etc.) y considera los retos y acciones establecidas como prioritarias en el mapa de ruta tecnológica (MRT) de geotermia.

Para propósitos de este ejercicio, *una necesidad tecnológica se definió como la brecha entre la tecnología actual y la requerida para mejorar el desempeño y competitividad de la industria*. En general, se considera que las necesidades tecnológicas se refieren a carencias o deficiencias de capacidades tecnológicas específicas, es decir: conocimiento, infraestructura, procesos o metodologías de trabajo y herramientas.

El proceso que se estableció para identificar las necesidades tecnológicas, consideró tres etapas (Ver figura 1). La primera de éstas se enfocó al análisis de la información relacionada con cada uno de los retos tecnológicos considerados como prioritarios, que se incluyeron en el Mapa de Ruta Tecnológica en Geotermia (SENER, 2017).

Figura 1. Proceso general para la identificación de necesidades tecnológicas.

Entre los aspectos que fueron analizados para cada reto se encuentran: su problemática, el resultado esperado de su solución y el estado general de las capacidades nacionales para atender el reto.

La siguiente etapa, denominada "Determinación de problemáticas específicas", tuvo como propósito establecer con mayor detalle la problemática asociada a cada uno de los retos tecnológicos y sus correspondientes acciones; lo anterior en términos de las capacidades tecnológicas relevantes (infraestructura, conocimiento, métodos, herramientas) para facilitar su solución.

Por último, la etapa "Definición de Necesidades Tecnológicas" se enfocó en identificar opciones para cerrar la brecha entre el estado actual de las capacidades tecnológicas y las requeridas para solventar la problemática asociada a cada uno de los retos.

Una vez establecidas las necesidades tecnológicas, se seleccionaron aquellas cuyo periodo de atención fuera el corto y mediano plazo. Para cada una de estas

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

necesidades, se elaboró una cédula con información general y básica para facilitar su entendimiento y definir su posible tratamiento. Cada cédula contiene de manera sintetizada los datos o campos siguientes:

- Título de la necesidad tecnológica
- Reto asociado
- Ubicación de la necesidad tecnológica en la cadena de valor
- Estado actual
- Estado requerido
- Estrategia de atención sugerida
- Impacto
- Usuarios/Beneficiarios
- Participantes/Colaboradores
- Tiempo estimado para su desarrollo
- Clasificación de la necesidad
- Información adicional

Finalmente, es importante mencionar que el ejercicio de identificación de necesidades cuyos resultados se presentan en este reporte es exploratorio y no limitativo. Asimismo, no considera la etapa de priorización de las necesidades tecnológicas y únicamente se aborda la vertiente de generación de electricidad; el tema de los usos directos del calor geotérmico no está incluido.

copyright © **Instituto Mexicano del Petróleo**
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

3.
NECESIDADES TECNOLÓGICAS

3 NECESIDADES TECNOLÓGICAS

Se identificaron veinticinco necesidades tecnológicas (NT´s) asociadas a los trece retos prioritarios que se reportan en el mapa de ruta tecnológica de geotermia (en el anexo I se presenta el listado completo de dichos retos), los cuales están directamente relacionados con el aprovechamiento de los recursos de alta, mediana y baja entalpía, así como para los no convencionales (súper-calientes y de roca seca caliente).

En general, las necesidades tecnológicas identificadas se enfocan en mejorar la competitividad de la industria nacional, lo cual se realiza a través del fortalecimiento de las capacidades existentes en el país, con el fin de en abatir los costos de operación de las instalaciones existentes, o bien, en reducir los costos de inversión de nuevos proyectos geotérmicos.

En las tablas que se presentan a continuación se indican las necesidades tecnológicas identificadas para cada uno de los recursos geotérmicos. Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, la lista de necesidades no es exhaustiva ni limitativa.

Tabla 1. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para incrementar el aprovechamiento de los recursos de mediana y alta entalpía.

Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para incrementar el aprovechamiento de los recursos de mediana y alta entalpía
• NT-1: Integrar métodos de prospección geofísica. • NT-2: Desarrollar nuevos geotermómetros y geobarómetros que mejoren la certidumbre en la medición. • NT-3: Desarrollar software capaz de producir modelos geofísicos robustos. • NT-4: Integrar e innovar métodos de exploración. • NT-5: Probar técnicas novedosas de perforación. • NT-6: Desarrollar mecanismos entre industria y academia para la identificación de problemas relevantes que afectan los costos, riesgos e incertidumbre durante la perforación. • NT-7: Aplicar modelos numéricos de transferencia de calor y transferencia de fluidos teniendo como eje la optimización energética de las plantas. • NT-8: Adaptar plantas para permitir el uso, en cascada, del recurso para aumentar la eficiencia general.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

Tabla 2. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos de baja entalpía.

Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos de baja entalpía
• NT- 9: Realizar el inventario de sitios de la industria que cuenten con calor residual con potencial de generación de energía eléctrica. • NT-10: Realizar estudios de factibilidad técnico económica para el aprovechamiento del recurso. • NT-11: Mejorar la eficiencia térmica de los intercambiadores de calor. • NT-12: Desarrollar fluidos secundarios más eficientes (estables, menos tóxicos y costosos). • NT-13: Desarrollar y aplicar modelos numéricos para simular la dinámica de precipitación de sustancias, tomando en cuenta los fenómenos de nucleación. • NT-14: Desarrollar métodos de mantenimiento que prevengan corrosión e incrustaciones. • NT-15: Desarrollar métodos (químicos, térmicos, mecánicos) más eficientes de desintegración de incrustaciones.

Tabla 3. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos no convencionales: súper calientes

Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos no convencionales: súper calientes
• NT-16: Desarrollar o adaptar simuladores numéricos de la termodinámica del recurso, basados en pruebas de laboratorio. • NT-17: Desarrollar revestimientos de diafragmas y álabes de turbinas que eviten incrustaciones. • NT-18: Desarrollar técnicas de acondicionamiento de fluidos que minimicen problemas de corrosión. • NT-19: Seleccionar, adaptar o desarrollar materiales apropiados en condiciones de alta temperatura y acidez. • NT-20: Desarrollar simuladores numéricos para simular las condiciones físico-químicas desde el fondo del pozo hasta el condensador. • NT-21: Investigar ciclos termodinámicos apropiados para el aprovechamiento óptimo del recurso.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

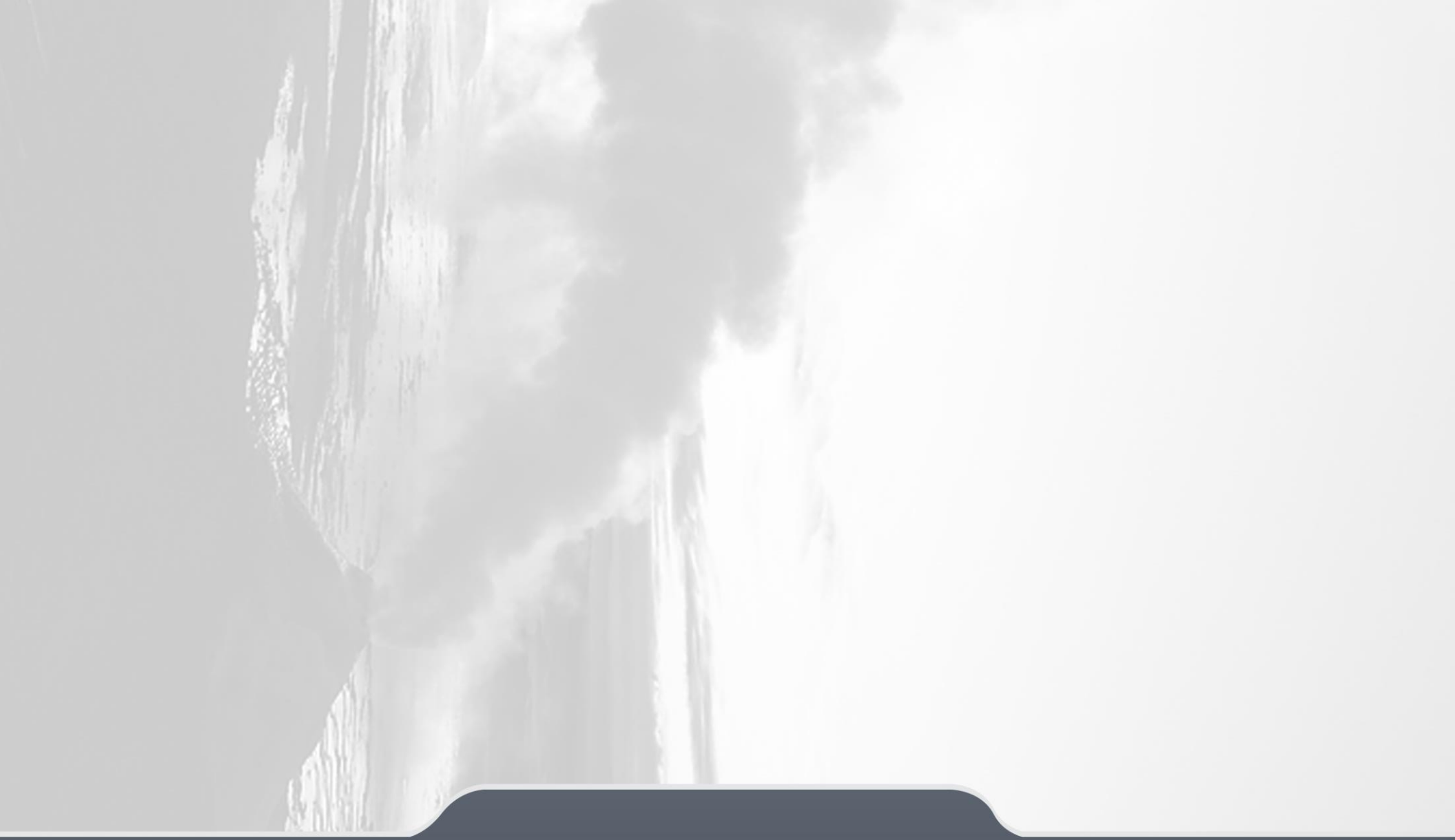
Tabla 4. Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos no convencionales: roca seca caliente

Necesidades tecnológicas asociadas a los retos prioritarios para explotar recursos no convencionales: roca seca caliente
• NT-22: Optimizar la aplicación de los estudios exploratorios mediante la simulación numérica de la respuesta geofísica y geoquímica de sistemas con baja permeabilidad y alta temperatura. • NT-23: Integrar métodos de prospección. • NT-24: Caracterizar las condiciones físico-químicas de sistemas de roca seca caliente con base en pruebas de laboratorio. • NT-25: Asimilar métodos ambientalmente aceptables para generar permeabilidad secundaria en sistemas de roca seca caliente.

Las necesidades tecnológicas identificadas tienen una correlación con el tiempo en el que se considera podrán ser aprovechables los diferentes recursos geotérmicos. De esta forma, las necesidades asociadas a los recursos de mediana y alta entalpía se establecieron como de corto y mediano plazo, mientras que las relacionadas con los recursos no convencionales y de baja entalpía se consideraron de mediano y largo plazo.

Con base en lo anterior, se hizo una selección de las necesidades tecnológicas, correspondientes a los retos de los recursos de alta, mediana y baja entalpía, ya que se considera pueden ser aprovechables en el corto y mediano plazo. En total son quince necesidades tecnológicas, para las cuales se elaboraron cédulas de información, mismas que se presentan en la siguiente sección.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.



4.

CÉDULAS DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS

4 CÉDULAS DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS

A continuación se presentan las cédulas de las quince necesidades tecnológicas identificadas, correspondientes a los retos prioritarios para la explotación de los recursos de alta, mediana y baja entalpía. El propósito de la información contenida en las cédulas es establecer los elementos básicos de información para que, a partir de éstos puedan generarse las iniciativas o propuestas de nuevos proyectos.

Como parte de la información que se incluye en las cédulas, se encuentra una breve descripción de la problemática actual que aborda la necesidad tecnológica y el estado que se requiere alcanzar con su solución. Asimismo, se establece el aspecto sobre el que tendrá impacto la atención de la necesidad tecnológica (o lo que motiva su atención) y sus posibles usuarios o beneficiaros. Se considera que estos últimos, serán quienes apliquen directamente los resultados o apliquen las capacidades para generar servicios para la industria.

En la cédula también se incluyen otros rubros, como el de colaboradores (involucrados en la atención de la necesidad), estrategia de atención sugerida (desarrollo con recursos nacionales, colaboración con entidades extranjeras, etc.), la clasificación de la necesidad en términos de las principales capacidades tecnológicas que se generarán; y el tiempo estimado para su desarrollo.

Finalmente, existe un apartado de comentarios y para los casos que aplique, se establece la relación que pudiera existir entre la necesidad tecnológica y los proyectos que ejecuta actualmente el CEMIE-Geo[1].

[1] El análisis se realizó a partir de la información de los proyectos contenida en el Plan General del CEMIE-Geo (CEMIE-Geo, 2014)

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-1: Integrar métodos de prospección geofísica

Mercado: Generación de electricidad	**Tipo de recurso:** Mediana y Alta Entalpía
Reto Asociado: Reducir la incertidumbre en la exploración	**Ubicación en la cadena de valor:** Exploración
Estado actual: Por lo general, se utiliza un mínimo de métodos geofísicos en la exploración	**Estado requerido:** Disponer de flujos de trabajo específicos para esta industria, que integren varios métodos geofísicos en la prospección, y su análisis con geología y geoquímica para disminuir la incertidumbre.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios (beneficiarios):
- Desarrolladores
- Empresas de servicios de exploración
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores
CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad	
Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios: Esta necesidad tecnológica puede tener relación con el proyecto P05 "Innovación en la aplicación de técnicas modernas de prospección geotérmica a partir de la integración de métodos geológicos, geoquímicos y geofísicos, caso de estudio del campo volcánico-geotérmico de Los Humeros", que desarrolla el CEMIE-Geo.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-2: Desarrollar nuevos geotermómetros y geobarómetros que mejoren la certidumbre en la medición.

Mercado:	**Tipo de recurso:**
Generación de electricidad.	Mediana y Alta Entalpía.

Reto Asociado:	**Ubicación en la cadena de valor:**
Reducir la incertidumbre en la exploración.	Exploración.

Estado actual:	**Estado requerido:**
Los métodos actuales (geotermómetros y geobarómetros) no han logrado disminuir la incertidumbre en la exploración.	Contar con nuevos métodos que logren disminuir la incertidumbre en la exploración.

Estrategia de atención sugerida:
Asimilación de tecnología y desarrollo tecnológico.

Impacto:

	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- Empresas de servicios de exploración
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores
CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad	
Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-3: Desarrollar software capaz de producir modelos geofísicos robustos

Mercado: Generación de electricidad.	**Tipo de recurso:** Mediana y Alta Entalpía
Reto Asociado: Reducir la incertidumbre en la exploración.	**Ubicación en la cadena de valor:** Exploración
Estado actual: El procesamiento actual de grandes cantidades de datos puede colapsar los equipos, o bien, requiere de tiempos muy largos.	**Estado requerido:** Disponer de capacidad de procesamiento de grandes cantidades de datos, en tiempos razonables, específicos para este tipo de modelos.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- Empresas de servicios de exploración
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores
CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, Empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad	
Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	X
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-4:Integrar e innovar métodos de exploración

Mercado:
Generación de electricidad

Tipo de recurso:
Mediana y Alta Entalpía

Reto Asociado:
Disponer de metodologías integrales e innovadoras de exploración para el mapeo de recursos geotérmicos potenciales.

Ubicación en la cadena de valor:
Exploración

Estado actual:
Por lo general, se emplea un solo método en la exploración de recursos.

Estado requerido:
Realización de proyectos que consideren la integración y/o la innovación de métodos de exploración completamente dirigidos a la exploración geotérmica y que sean avalados por los desarrolladores.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- Empresas de servicios de exploración
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Seis años

Información adicional o comentarios: Esta necesidad tecnológica puede tener relación con el proyecto P09. "Desarrollo y Aplicación de Nuevos Métodos Avanzados en Geoquímica de Fluidos y Alteración Hidrotermal para la Exploración de Sistemas Geotérmicos", que desarrolla el CEMIE-Geo.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-5: Probar técnicas novedosas de perforación

Mercado: Generación de electricidad	**Tipo de recurso:** Mediana y Alta Entalpía
Reto Asociado: Reducir costos, riesgos e incertidumbre en la perforación.	**Ubicación en la cadena de valor:** Perforación.
Estado actual: Actualmente se emplean técnicas convencionales de perforación que no abaten el riesgo asociado.	**Estado requerido:** Contar con técnicas innovadoras de perforación, enfocadas en disminuir el riesgo y que hayan sido probadas en el campo.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios (beneficiarios):
- Desarrolladores
- Empresas de servicios de perforación
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores
CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, Empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad	
Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-6: Desarrollar mecanismos entre industria y academia para la identificación de problemas relevantes que afectan los costos, riesgos e incertidumbre durante la perforación

Mercado:
Generación de electricidad.

Tipo de recurso:
Mediana y Alta Entalpía

Reto Asociado:
Reducir costos, riesgos e incertidumbre en la perforación.

Ubicación en la cadena de valor:
Perforación

Estado actual:
Desvinculación entre la industria y la academia.
Desconocimiento por parte de la academia de los problemas reales que inciden en los costos y el riesgo de una perforación, lo cual reduce la eficacia de los resultados de los proyectos de investigación.

Estado requerido:
Disponer de mecanismos de comunicación y retroalimentación sistematizados entre la industria y la academia, que aseguren la alineación de los resultados de los proyectos de investigación con las necesidades de la industria para mejorar su competitividad.

Estrategia de atención sugerida:
Vinculación academia-industria.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios (beneficiarios):
- Desarrolladores
- Empresas de servicios de perforación
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Dos años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-7: Aplicar modelos numéricos de transferencia de calor y transferencia de fluidos, teniendo como eje la optimización energética de las plantas.

Mercado:
Generación de electricidad

Tipo de recurso:
Mediana y Alta Entalpía

Reto Asociado:
Optimizar el aprovechamiento energético a nivel de planta.

Ubicación en la cadena de valor:
Diseño de plantas
Operación y Mantenimiento.

Estado actual:
Conocimiento limitado sobre la transferencia de calor y el fluido geotérmico en las plantas geotermoeléctricas, lo cual reduce la eficiencia de trabajo de las mismas.

Estado requerido:
Contar con capacidad para la optimización de las plantas de generación geotermoeléctrica, con base en un buen conocimiento de la transferencia de calor y del fluido.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, Empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-8: Adaptar plantas para permitir el uso en cascada del recurso para aumentar la eficiencia general

Mercado:
Generación de electricidad.

Tipo de recurso:
Mediana y Alta Entalpía.

Reto Asociado:
Optimizar el aprovechamiento energético a nivel de planta.

Ubicación en la cadena de valor:
Diseño de plantas.
Operación y mantenimiento.

Estado actual:
Muchas plantas de generación de electricidad desechan el fluido geotérmico residual con temperaturas que pueden aprovecharse en un segundo ciclo, mediante otro proceso adicional.

Estado requerido:
Contar con capacidad para optimizar y mejorar la generación, mediante la implantación de procesos en cascada que puedan emplear el fluido geotérmico residual, a fin de que éste pueda ser aprovechado adecuadamente.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:
Esta necesidad tecnológica puede tener relación con el proyecto P16.- "Integración de una planta de poli-generación mediante el uso en cascada de la energía geotérmica", que desarrolla el CEMIE-Geo.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-9: Realizar el inventario de sitios de la industria que cuenten con calor residual con potencial de generación de energía eléctrica

Mercado:
Generación de electricidad.

Tipo de recurso:
Baja Entalpía.

Reto Asociado:
Identificar el potencial de generación de energía eléctrica a partir de sitios industriales con calor de baja entalpía que aún no están siendo aprovechados

Ubicación en la cadena de valor:
Operación y mantenimiento

Estado actual:
Actualmente no existe un inventario de sitios de la industria para aprovechar el calor de baja entalpía.

Estado requerido:
Disponer de un inventario actualizado de los sitios de la industria que cuenten con fluidos residuales con potencial de generación de energía eléctrica.

Estrategia de atención sugerida:
Desarrollar conocimiento y herramientas que permitan localizar y caracterizar los sitios de calor de baja entalpía.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- CEMIE-Geo
- SENER

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Tres años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT- 10: Realizar estudios de factibilidad técnico económica para el aprovechamiento del recurso.

Mercado:
Generación de electricidad

Tipo de recurso:
Baja Entalpía

Reto Asociado:
Identificar el potencial de generación de energía eléctrica a partir de sitios de calor de baja entalpía que aún no están siendo aprovechados.

Ubicación en la cadena de valor:
Operación y Mantenimiento.

Estado actual:
No se dispone de un inventario de sitios de calor de baja entalpía, de la industria, susceptibles de ser aprovechados y no se conoce la viabilidad de explotarlos.

Estado requerido:
Contar con estudios de factibilidad técnica y económica para explotar el fluido residual de sitios de la industria, con capacidad de generar energía eléctrica.

Estrategia de atención sugerida:
Desarrollar conocimiento y herramientas con capacidades nacionales.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
X	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- SENER

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	

Tiempo estimado para su desarrollo:
Tres años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-11: Mejorar la eficiencia térmica de los intercambiadores de calor.

Mercado:
Generación de electricidad

Tipo de recurso:
Baja Entalpía

Reto Asociado:
Optimizar costo-beneficio de sistemas de generación binarios.

Ubicación en la cadena de valor:
Operación y Mantenimiento.

Estado actual:
En la actualidad, la eficiencia de los intercambiadores de calor, en sistemas binarios, no es competitiva con recursos de baja entalpía.

Estado requerido:
Disponer de diseños de intercambiadores de calor para sistemas binarios, cuya eficiencia sea competitiva con recursos de baja entalpía.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- Proveedores de equipo

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT- 12: Desarrollar fluidos secundarios más eficientes (estables, menos tóxicos y costosos).

Mercado:
Generación de electricidad.

Tipo de recurso:
Baja Entalpía

Reto Asociado:
Optimizar costo-beneficio de sistemas de generación binarios.

Ubicación en la cadena de valor:
Operación y Mantenimiento.

Estado actual:
Los fluidos secundarios no aprovechan de manera óptima el calor de los recursos geotérmicos de baja entalpía.

Estado requerido:
Disponer de fluidos secundarios, menos tóxicos y costosos, con capacidad de aprovechar de manera óptima los recursos geotérmicos de baja entalpía.

Estrategia de atención sugerida:
Desarrollar y/o asimilar tecnología a través de la colaboración con instituciones líderes (nacionales o internacionales) en estos temas.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- CEMIE- Geo

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	
Desarrollo de producto	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT- 13: Desarrollar y aplicar modelos numéricos para simular la dinámica de precipitación de sustancias, tomando en cuenta los fenómenos de nucleación.

Mercado:
Generación de electricidad.

Tipo de recurso:
Baja Entalpía.

Reto Asociado:
Resolver problemas de incrustaciones en sistemas de generación binarios.

Ubicación en la cadena de valor:
Operación y Mantenimiento

Estado actual:
Las incrustaciones causan problemas de operación, disminuyen la eficiencia de trabajo y, en consecuencia, la rentabilidad de la planta.

Estado requerido:
Disponer de modelos específicos para esta industria que simulen la dinámica de precipitación de sustancias, considerando el fenómeno de nucleación, con lo cual podrían inhibirse o, al menos, disminuirse las incrustaciones.

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- CEMIE-Geo
- Empresas de servicios

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	X
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-14: Desarrollar métodos de mantenimiento que prevengan corrosión e incrustaciones.

Mercado:
Generación de electricidad.

Tipo de recurso:
Baja Entalpía

Reto Asociado:
Resolver problemas de incrustaciones en sistemas de generación binarios.

Ubicación en la cadena de valor:
Operación y Mantenimiento.

Estado actual:
Se conocen pocos métodos que no son tan eficientes para prevenir tanto la corrosión como la formación de incrustaciones en componentes clave (ej. bombas, intercambiadores de calor y tuberías).

Estado requerido:
Disponer de métodos efectivos y competitivos para esta industria, que ayuden a inhibir la corrosión y la formación de incrustaciones en componentes clave (ej. bombas, intercambiadores de calor y tuberías).

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- Empresas de servicios

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

NT-15: Desarrollar métodos (químicos, térmicos, mecánicos) más eficientes de desintegración de incrustaciones.

Mercado:
Generación de electricidad.

Tipo de recurso:
Baja Entalpía.

Reto Asociado:
Resolver problemas de incrustaciones en sistemas de generación binarios.

Ubicación en la cadena de valor:
Operación y Mantenimiento.

Estado actual:
Los métodos actuales para eliminar incrustaciones en componentes clave (ej. bombas, intercambiadores de calor y tuberías), no son lo suficientemente eficaces.

Estado requerido:
Disponer de métodos eficaces y competitivos para esta industria, que eliminen incrustaciones en componentes clave (ej. bombas, intercambiadores de calor y tuberías).

Estrategia de atención sugerida:
Adaptación, asimilación y desarrollo de tecnología específica de geotermia, o de otras industrias.

Impacto:

X	Reducción de costos de operación
	Reducción de costos de capital
X	Desarrollo de nuevas capacidades

Usuarios:
- Desarrolladores
- Empresas de servicios
- CEMIE-Geo

Participantes / Colaboradores

CEMIE – Geo, Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidades, Desarrolladores, empresas de servicios

Clasificación de la Necesidad

Desarrollo de competencias (talento)	
Desarrollo de infraestructura	
Desarrollo de herramientas (software, bases de datos, etc.)	X
Desarrollo de metodologías, métodos, modelos, estándares	X

Tiempo estimado para su desarrollo:
Cuatro años

Información adicional o comentarios:

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

ANEXO I.

ANEXO I. RETOS TECNOLÓGICOS DEL MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA EN GEOTERMIA - GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Recursos de mediana y alta entalpía
• *Reducir la incertidumbre en la exploración.* • *Disponer de metodologías integrales e innovadoras de exploración para el mapeo de recursos geotérmicos potenciales.* • *Reducir costos, riesgos e incertidumbre en la perforación.* • *Optimizar el aprovechamiento energético a nivel de planta.* • *Mejorar el desarrollo de proyectos de colaboración industria y academia.*
Recursos de baja entalpía
• *Identificar el potencial de generación de energía eléctrica a partir de sitios industriales con calor de baja entalpía que aún no están siendo aprovechados.* • *Optimizar costo-beneficio de sistemas de generación binarios.* • *Resolver problemas de incrustaciones en sistemas de generación binarios.*
Recursos no convencionales: Súper-calientes y roca seca caliente
• *Mejorar los modelos termodinámicos, fisicoquímicos y de simulación mediante la incorporación de estudios termodinámicos de procesos de interacción agua-roca.* • *Disponer de técnicas y materiales que permitan el aprovechamiento de los sistemas súper calientes y resolver los problemas de corrosión y erosión.* • *Desarrollar modelos termodinámicos para el aprovechamiento de sistemas súper-calientes.* • *Desarrollar y mejorar técnicas de exploración de sistemas con baja permeabilidad y sin manifestaciones hidrotermales en superficie.* • *Desarrollar metodologías ambientalmente aceptables para generar permeabilidad secundaria en los sistemas de roca seca caliente.*

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

REFERENCIAS

CEMIE-Geo. (2014). *Plan General.* México.

IMP. (2016). *Guía técnica para identificar retos y necesidades tecnológicas.* México.

SENER. (2017). *Mapa de Ruta Tecnológica en Geotermia.* México.

copyright © Instituto Mexicano del Petróleo
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.

INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

copyright © **Instituto Mexicano del Petróleo**
Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir o en cualquier modo explotar cualquier parte de este documento sin la autorización previa por escrito de la Secretaría de Energía o del Instituto Mexicano del Petróleo.