

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO

DIPLOMADO EN GEOTERMIA PARA AMERICA LATINA
EDICION 2016



TEMA: “GUÍA DE ESTANDARIZACIÓN PARA EL DISEÑO
DE PLATAFORMAS GEOTÉRMICAS EN EL SALVADOR.”

PRESENTAN: José Roberto Betancourt Majano
José Ulises Castro Salinas
Carlos René Hurtado Leonor

ASESOR: Ing. Álvaro Flamenco

CIUDAD UNIVERSITARIA, 15 de diciembre de 2016.

RESUMEN

El presente documento de investigación trata sobre la colección de lecciones aprendidas en el desarrollo de obras civiles de plataformas para aprovechamiento geotérmico en El Salvador. El objetivo principal es la elaboración de una guía que sirva de referencia al diseñador sobre el desarrollo de las diferentes tipos de plataformas para plantas geotérmicas en términos generales.

Durante la vida útil de una plataforma y, dependiendo del **uso del pozo (producción o inyección)**, se define el tipo de instalación superficial requerida según uso del pozo, que, para el caso, uno de producción necesitará de un sistema para acarreo de vapor hasta la central, mientras el agua geotérmica es llevada desde los pozos hasta el sitio para inyección.

En una plataforma geotérmicas se realizan múltiples actividades relacionadas con monitoreo de variables de pozos, mediciones de producción, mantenimientos de tipo correctivos tales como intervenciones mecánicas y/o estimulaciones químicas, así como también la perforación de nuevos pozos. Por lo tanto el diseñador civil tiene la responsabilidad de tomar en cuenta las necesidades de espacio para que, cuando se ejecuten las actividades antes citadas, la plataforma proporciones el espacio requerido según la necesidad dado que las características del diseño de la plataforma pueden hacer dichas tareas favorables o por el contrario, imposibles.

El diseño de plataformas se ha transformado a lo largo del desarrollo de la geotermia en el país, los criterios y las normativas de construcción civil básicamente se han mantenido, su uso esencial conlleva la interacción de las distintas áreas ligadas a la producción; las normativas gubernamentales han cambiado, las exigencias ambientales, usos de suelo, normativas municipales incluso se han tornado entes fiscalizadores del espacio usado por el campo geotérmico y la influencia de sus actividades en el medio físico, ambiental, social y económico.

Por lo que se hace necesario evaluar algunos parámetros básicos para garantizar un diseño de plataforma que cumpla tanto con los requerimientos técnicos de geotermia, como los requerimientos institucionales, con el fin de elaborar una guía de Estandarización de Diseño de Plataforma Geotérmicas, para facilitar el trabajo de los diseñadores de obra civil con o sin experiencia, considerando las necesidades de la perforación, mantenimiento, instalaciones superficiales de producción y normativas institucionales.

Contenido

1	FORMULACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.1	HISTORIA DE LA GEOTERMIA EN EL SALVADOR.....	6
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.3	OBJETIVOS:	11
1.3.1	OBJETIVO GENERAL:.....	11
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	11
1.4	JUSTIFICACIÓN	12
1.5	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.5.1	ALCANCES:	12
1.5.2	LIMITES:	12
1.6	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.	12
2	MARCO DE REFERENCIA	15
2.1	MARCO TEÓRICO.....	15
2.2	MARCO CONCEPTUAL.....	15
2.2.1	MARCO REGULATORIO	15
2.2.2	COMPONENTES CIVILES	16
2.2.3	COMPONENTES MECÁNICOS	21
2.2.4	EQUIPO DE PERFORACIÓN.....	25
3	ANÁLISIS DE DATOS	27
3.1	CASOS DE ESTUDIO	27
3.1.1	PLATAFORMA DG-01	27
3.1.2	PLATAFORMA DG-02.....	33
3.2	INTERPRETACIÓN DE FUENTES PRIMARIAS	35
4	GUÍA DE DISEÑO	36
4.1	REQUERIMIENTOS	37
4.1.1	REQUERIMIENTOS INTERINSTITUCIONALES.....	37
4.1.2	Requerimientos técnicos	38
4.1.3	Componentes de la plataforma.....	40
4.2	PROCESO DE DESARROLLO.....	42

FORMULARIO DE DESARROLLO DE PLATAFORMAS.....	42
4.2.1 ETAPA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PLATAFORMA DURANTE LA OPERACIÓN DE LOS POZOS.....	44
4.2.2 LISTADO DE CRITERIOS DE DISEÑO PARA UNA PLATAFORMA GEOTÉRMICA.....	46
4.3 FORMULARIOS PARA EL DESARROLLO DE PLATAFORMAS.	47
4.3.1 ÁREA INSTALACIONES SUPERFICIALES	47
4.3.2 TABLA AREA PERFORACION.....	48
4.3.3 TABLA AREA GEOQUÍMICA	49
4.3.4 TABLA ÁREA OBRA CIVIL.....	50
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1 Conclusiones.....	51
5.2 RECOMENDACIONES.....	52
6 AGRADECIMIENTOS.....	53
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
8 ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros para el planteamiento de la investigación.	13
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS:

Fig. 1 disposición de equipos en plataforma geotérmica para producción.....	9
Fig. 2 Fases propuestas para el desarrollo de la investigación [Elaboración propia].....	14
Fig. 3 Esquema de una Plataforma de Perforación. 1. Losa de contrapozos, 2. Losa de equipos, 3. Poza de agua, 4. Pila de lodos, 5. Pila de secado, 6. Lodos de recorte.....	16
Fig. 4 ejemplo de losas de contrapozo de una plataforma geotérmica. A) Losa de contrapozo y B) losa de equipos.....	18
Fig. 5 Diseño típico de Contrapozos en una plataforma de perforación. A) vista en planta; B) vista alzada.	19
Fig. 6 Diseño típico de una Poza de Agua.	19
Fig. 7 Detalle típico de pila de lodos de perforación.....	20
Fig. 8 Detalle típico de pila de secado.	20
Fig. 9 Detalle típico de losa para combustible.....	21
Fig. 10 Disposición de equipos en plataforma geotérmica. (Zona de producción, estación de separación, sistemas de silenciadores atmosféricos y para acarreo.	22
Fig. 11 Imagen de una estación de separación de flujo bifásico. 1. Tanque de bola, 2. Separador ciclónico, 3. Tanque de agua, 4. Silenciador de roca, 5. Silenciador atmosférico.....	23
Fig. 12 Arreglo de un árbol de contrapozo geotérmico. (1) válvula maestra y (29) válvulas de control.....	24
Fig. 13 Componentes principales de un equipo de perforación (J. Pérez Graphics & Design)	25
Fig. 14 Esquema distribución equipo de perforación en plataforma principal	26
Fig. 15 sgsgasgagasgs	28

1 FORMULACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

1.1 HISTORIA DE LA GEOTERMIA EN EL SALVADOR.

Desde mediados del siglo 20 iniciaron las primeras investigaciones de los recursos provenientes del subsuelo, en especial de las zonas de fumarolas y “ausoles” de El Salvador; un proceso de investigación que con el apoyo de expertos científicos extranjeros, auspiciados por el gobierno ejecutivo y el apoyo de las Naciones Unidas; la participación de estos investigadores en simposios internacionales, la colaboración y acompañamiento de las investigaciones, experiencias y problemas en otros campos geotérmicos en explotación como Larderello en Italia, Wairekei en Nueva Zelanda; guiaron el camino para programar y ejecutar los estudios geológicos, geoquímicos, geofísicos superficiales, que logran caracterizar minerales, temperaturas, estructuras geológicas, que fueron la base del primer modelo del yacimiento.

Mediante la exploración Geológica, geofísica y geoquímica se determina el potencial energético de un reservorio y de acuerdo al tipo de anomalía se define la ubicación de pozos en zonas de producción o reinyección, la construcción de dichos pozos se logra con equipos de perforación profunda, que debido a sus dimensiones, peso, condiciones de instalación e insumos exigidos por esta actividad, demanda un espacio con características de resistencia, duración y dimensiones especiales.

“El desarrollo de perforaciones geotermiales en El Salvador, data desde el año 1956... El proceso de perforación comenzó con 11 pozos de investigación preliminar (1956-1959)... perforaciones de gradiente geotérmico (1966-1967), de testigo continuo (1968-1976), y perforaciones profundas (1968-1976), obedeciendo a una secuencia cronológica... Los equipos empleados en estas perforaciones fueron de 2 tipos: para las perforaciones profundas, perforadora a Diamante Chicago Pneumatic #8 con avance Hidráulico; mientras para las perforaciones someras se usaron máquinas de tipo Cristensen con avance de tornillo”¹

Aunque existe datación de perforación, profundidad alcanzada, gradiente térmico, geología, no se determina los trabajos previos a la perforación, su base, la plataforma, solo se menciona “la imposibilidad de construir contrapozos por las altas temperaturas superficiales.”²

Esto demuestra que las obras superficiales de plataforma se realizaban de acuerdo a las condiciones existentes, sin considerar ampliaciones futuras, equipos de separación cercanos a contrapozo, y dimensiones dependiendo del tipo de maquinaria de perforación utilizada o adaptándose a las condiciones del sitio.

¹ *Simposio Internacional sobre energía geotérmica en América Latina. 1976, Instituto Italo-Latino Americano, Instituto Nacional de Electrificación, INDE. Ciudad de Guatemala.*

² *Simposio Internacional sobre energía geotérmica en América Latina. 1976, Instituto Italo-Latino Americano, Instituto Nacional de Electrificación, INDE. Ciudad de Guatemala.*

Los resultados motivaron al gobierno y a CEL a invertir en pozos profundos para encontrar el recurso y medir su potencial, para finalmente explotar el vapor y agua geotérmicos para la generación comercial. *El primer pozo profundo perforado fue llamado AH-1 del que emana vapor y agua mezclada con minerales con temperatura de 240C° y presión de 145 psia, el día 1 de junio de 1968.*

Le siguieron AH-5, AH-6, AH-7, que resultaron productores, AH-9 y AH-10 no dieron resultados positivos pero sirvieron para la caracterización del reservorio.

Durante este proceso, el proyecto geotérmico tiene prioridad para el estado ya que debido a la crisis del petróleo de 1973, la energía geotérmica llevaría a generar ahorros al evitar la importación de bunker (derivado del petróleo) con el montaje de la primera unidad, para 1977 se aceleró la inversión en perforaciones y el montaje de la Unidad 2, nuevamente los resultados de perforación de pozos, con su capacidad energética y aprovechamiento al máximo determino la construcción de una 3ª Unidad de doble presión.

Todos los trabajos de perforaciones, pruebas de producción, montajes de equipos y tuberías, construcción de canaletas, torres de enfriamiento, subestación, oficinas e instalaciones auxiliares, el responsable manejo de las aguas residuales geotérmicas conducidas mediante una canaleta de 86 Km aproximadamente hasta descargarla en el mar; necesito de la adquisición de terrenos tanto para el espacio del proyecto, como por daños generados durante los procesos a los cultivos vecinos.

Esta etapa inicial de la geotermia procuro siempre cumplir con las normativas nacionales existentes de la época y normas internacionales de construcción.

Otras perforaciones se realizaron en San Vicente, Berlin y Chinameca, al inicio de la década de los 80.El período de guerra retraso los avances de perforaciones en el sector oriente del país, hasta que una nueva inyección de inversión genero la perforación de nuevos pozos construidos después de los acuerdos de paz de 1992; concluyendo esa etapa con el montaje de dos nuevos turbogeneradores llamados planta a boca pozo; un nuevo concepto para una generación rápida y disminuir el tiempo de retorno de la inversión.

A mediano plazo se invierte en el crecimiento del campo Geotérmico de Berlín, para 1999 se instala 2 unidades a condensación de mayor capacidad.

Las plataformas presentan una característica diferente: múltiples pozos alineados sobre un eje, debido a la tecnología de perforación direccional. En el análisis del estudio geocientífico se determina una zona de reinyección y se perforan pozos múltiples en una sola plataforma.

Mientras que el Campo Geotérmico de Ahuachapan invierte en otros pozos productores pero con prioridad en pozos de reinyección, con los cuales se instala una línea de reinyección de 4 km.

Como parte del proceso de modernización y la firma de convenios internacionales, el gobierno central crea una nueva institución la Secretaría del Medioambiente, que se

desarrolla y termina como ministerio del medio ambiente, que tiene por fin último controlar el impacto ambiental de los nuevos proyectos, resguardando los recursos naturales. Con los años cambio a Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales,

“Para el año de 1997 el Ejecutivo, ve la necesidad de una Secretaría de Estado que se encargue de formular, planificar y ejecutar las políticas de Gobierno en materia de medio ambiente y recursos naturales y crea el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), mediante Decreto Ejecutivo No. 27 del 16 de mayo de 1997, publicado en el DO No. 88 Tomo No.335 de la misma fecha. Las funciones y atribuciones del MARN son establecidas en el Art. 45 A del Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo, el cual fue reformado por Decreto No. 30 del 19 de mayo de 1997, publicado en el DO No.89 de esta misma fecha.

Instalado el nuevo Ministerio, se le traslada la relación del FONAES para unificar todas las actividades tendentes a la protección, conservación, mejoramiento, restauración y uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente, mediante Decreto No. 72 de fecha 31 de julio de 1997. Con el Ministerio avanzando, es necesario dotar al país de una legislación ambiental que sea coherente con los principios de sostenibilidad del desarrollo económico y social y que permita enfrentar con éxito e integralmente, los problemas ambientales. De ahí que surja la Ley del Medio Ambiente (LMA) según Decreto No. 233 de fecha 02 de marzo de 1998, publicada en el DO No. 79, Tomo No. 339 de fecha 4 de mayo de 1998.”³

Como parte de la optimización del reservorio de Ahuachapan y haciendo un aporte al resguardo de los recursos naturales se elimina la canaleta de agua geotérmica hacia el mar, mediante el sistema de Reinyección Total Ahuachapan.

En Berlín, manteniendo el concepto de optimización del recurso, se ejecuta el proyecto Ciclo Binario con el que se obtiene energía del agua residual, esta después del proceso se reinyecta también gracias a otro Sistema de Reinyección Total Berlin.

Hasta la fecha se dispone 41 plataformas en Ahuachapan, 15 en Berlin, 8 en Chinameca y 6 en San Vicente.

Desde hace 20 años se inició el uso de programas para el diseño por computadoras (CAD), por lo que se ha resguardado información del diseño original de las plataformas y sus modificaciones; antes de esa fecha solo se dispone de información en planos impresos o reportes. La ventaja del CAD es ser una herramienta que mejora el diseño en todas las áreas: civil, mecánica, eléctrica, incluso perforación; en la parte civil el análisis de la topografía existente para optimizar la disposición de las plataformas y accesos, el volumen de corte y relleno necesario para la conformación de terrazas. En la parte mecánica facilita el diseño de distribución de equipos y líneas de acarreo, incluso el diseño al detalle de soportes y accesorios. En perforación la distribución y ordenamiento de equipos principales y auxiliares en la plataforma a intervenir, puede visualizarse anticipadamente y de manera ágil analizar opciones de cambio de posición de elementos dentro del espacio de la plataforma. Por esto se hace necesario el acceso a la información gráfica disponible, que apoye el análisis de los criterios a definir para la guía de estandarización de diseño de plataformas Geotérmicas.

³ <http://www.marn.gob.sv/historia-2/>

En la figura 1 se muestra una plataforma geotérmica de producción con la disposición de equipos en las zonas de producción, separación de fluidos, piletas y demás área afines.



Fig. 1 disposición de equipos en plataforma geotérmica para producción.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La explotación geotérmica es un campo del conocimiento relativamente nuevo, por tanto muchas de las tecnologías aplicadas y metodologías de procesos, frecuentemente son una extrapolación de aplicaciones similares como por ejemplo la extracción de petróleo en pozos petroleros. Por tal razón, el conocimiento en el campo de la explotación del recurso geotérmico tiene como demanda la sistematización de procesos en todas las etapas del desarrollo de un proyecto geotérmico. Dichas etapas inician con la definición de la ubicación más idónea indicada, inicialmente, por expertos en geociencias, que determinan y caracterizan el potencial del recurso previo y durante la explotación del mismo; los requerimiento de espacio para el área de perforación que hace posible la extracción del recurso hasta superficie y por su parte el área dedicada a la instalación de equipos superficiales que se encarga de instalar los sistemas mecánicos, principalmente, apropiados para transporte de fluidos y la generación de energía. Todos estos procesos se caracterizan por su fundamento científico y por tanto para ellos existen una diversidad de protocolos específicos en cada área para lograr su cometido, sin embargo los parámetros establecidos para la ejecución de las obras civiles del proyecto;

específicamente las plataformas de producción y reinyección, son evaluados con base a los requerimientos del proceso de perforación y de los equipos mecánicos necesarios para el funcionamiento de los pozos, a su vez existen condicionantes externas que son las características propias de cada sitio.

En este sentido el conocimiento se va adquiriendo con base a la experiencia y se va transformando a medida estos procesos forjan una técnica y metodología adoptada a lo largo del tiempo, sin embargo rara vez este “saber hacer” o lecciones aprendidas son documentadas y así las experiencias ganadas no logran transmitirse de manera eficaz, de manera tal que al no existir un instrumento que regule de manera sistemática las variables el proceso de diseño y, por lo tanto, éste queda desprovisto de una metodología que garantice el aprovechamiento de las experiencias que se han adquirido, corriendo el riesgo de no plantear una respuesta que logre coordinar las necesidades de todas las áreas involucradas en el desarrollo y utilización de una plataforma de producción o reinyección.

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Establecer criterios, procesos y parámetros necesarios para la proyección de plataformas geotérmicas con múltiples pozos, que permitan realizar actividades futuras de operación y mantenimiento de los equipos instalados con la menor indisponibilidad de los mismos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Documentar casos de estudio basado en experiencias de construcción y funcionamiento de plataformas geotérmicas, para producción e inyección, ubicadas en El Salvador.
- Enumerar los requerimientos de las áreas técnicas especializadas y de las instituciones gubernamentales involucradas en las diferentes etapas de desarrollo necesarias para la construcción de plataformas en El Salvador.
- Detallar las actividades y su requerimiento de espacio para cada una de las etapas de: perforación, pruebas de producción, operación comercial, mantenimiento de pozos, etc., todo durante el funcionamiento de los pozos contenidos en una plataforma.
- Establecer una matriz de parámetros y criterios de diseño para la proyección, construcción y funcionamiento óptimo de una plataforma geotérmica con múltiples contrapozos.
- Proponer un esquema básico de una plataforma geotérmica con base a los criterios reunidos en este documento.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Actualmente no se cuenta con una sistematización de las metodologías necesarias para la planificación y diseño de una plataforma geotérmica. Debido a ellos los procesos que se ejecutan con base a la experiencia no se encuentran documentados. Por tanto en este documento se plantea generar un instrumento cuyo propósito sea documentar las lecciones aprendidas y logre ser transmitida en el área de la planificación civil para futuras plataformas.

1.5 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Elaborar guía práctica para la proyección y diseño de plataformas con múltiples pozos en campos geotérmicos en El Salvador, tomando en cuenta el requerimiento de espacio por parte de los usuarios de la misma en actividades a desarrollar durante la vida útil de una plataforma.

1.5.1 ALCANCES:

- Documentar casos de estudio ilustrativos, y experiencias en el área de construcción de plataformas.
- Analizar las características que determinan el funcionamiento óptimo de una plataforma para producción y/o inyección de fluidos geotérmicos.
- Enumerar las determinantes secuenciales a lo largo del desarrollo de una plataforma de inyección y producción.

1.5.2 LIMITES:

- El proceso de documentación para este trabajo se realizara con aquella información que no comprometa el acuerdo de confidencialidad.
- El análisis de casos de estudio se enfocará en una muestra de dos plataformas luego de un proceso de selección acordado por el tutor y el equipo de trabajo, debido al tiempo para la realización de este documento.

1.6 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros bajos los cuales se plantea la investigación. El objetivo general, objetivos específicos, y las técnicas de la investigación. Así mismo se plantean las preguntas de investigación referente a la problemática abordada y el tipo de investigación utilizada.

Tabla 1 Parámetros para el planteamiento de la investigación.

<p>Tema: GUÍA DE ESTANDARIZACIÓN PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS GEOTÉRMICAS EN EL SALVADOR.</p>	
<p>Preguntas de investigación: ¿Cuáles son las etapas en la construcción de una plataforma geotérmica y la perforación de varios pozos?, ¿Cuáles son las áreas y los especialistas de las mismas, en cada una de las etapas en la vida útil de una plataforma geotérmica productora y de reinyección?, ¿Qué factores producen indisponibilidad de la extracción del recurso en una plataforma geotérmica?, ¿Cuáles de estos factores pueden ser controlados mediante diseño civil? ¿Cuáles son los casos de estudio que mejor ilustran las dificultades y éxito?</p>	
<p>Tipo de investigación: Cualitativa.</p>	
<p>Objetivo general: Establecer criterios, procesos y parámetros necesarios para la proyección de plataformas geotérmicas con múltiples pozos, que permitan realizar actividades futuras de operación y mantenimiento con la menor indisponibilidad de los mismos.</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Documentar casos de estudio basado en experiencias de construcción y funcionamiento de plataformas geotérmicas, para producción e inyección, ubicadas en El Salvador. • Enumerar los requerimientos en las diferentes etapas necesarios para la construcción de plataformas en El Salvador. • Detallar las actividades y su requerimiento de espacio para cada una de las etapas de: perforación, pruebas de producción, operación comercial, mantenimiento de pozos, etc., todo durante la vida útil de la plataforma. • Establecer una matriz de parámetros y criterios de diseño para la proyección, construcción y funcionamiento óptimo de una plataforma geotérmica de hasta cinco contrapozos. • Proponer un esquema base de una plataforma geotérmica con base a los criterios reunidos en este documento.
<p>Técnicas de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas con profesionales con experiencia en obras civiles y perforación de pozos geotérmicos. • Observación de campo. • Consulta de fuentes secundarias. Publicaciones referentes a la perforación y plantas geotérmicas. 	<p>Instrumentos de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fichas de entrevistas. • Fichas de observación. • Fotografía. • Fichas bibliográficas.

Esquema metodológico de la Investigación

En el esquema 2, se detalla la metodología de la investigación utilizada que permitió organizar las fases, bajo un proceso de retroalimentación permanente.

A continuación se detallan las cinco fases de la investigación:

- Fase 1. Formulación del proyecto de investigación.
- Fase 2. Obtención de información y elaboración de marco de referencia.
- Fase 3. Procesamiento de la información.
- Fase 4. Elaboración de propuesta de guía de criterios de diseño.
- Fase 5. Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

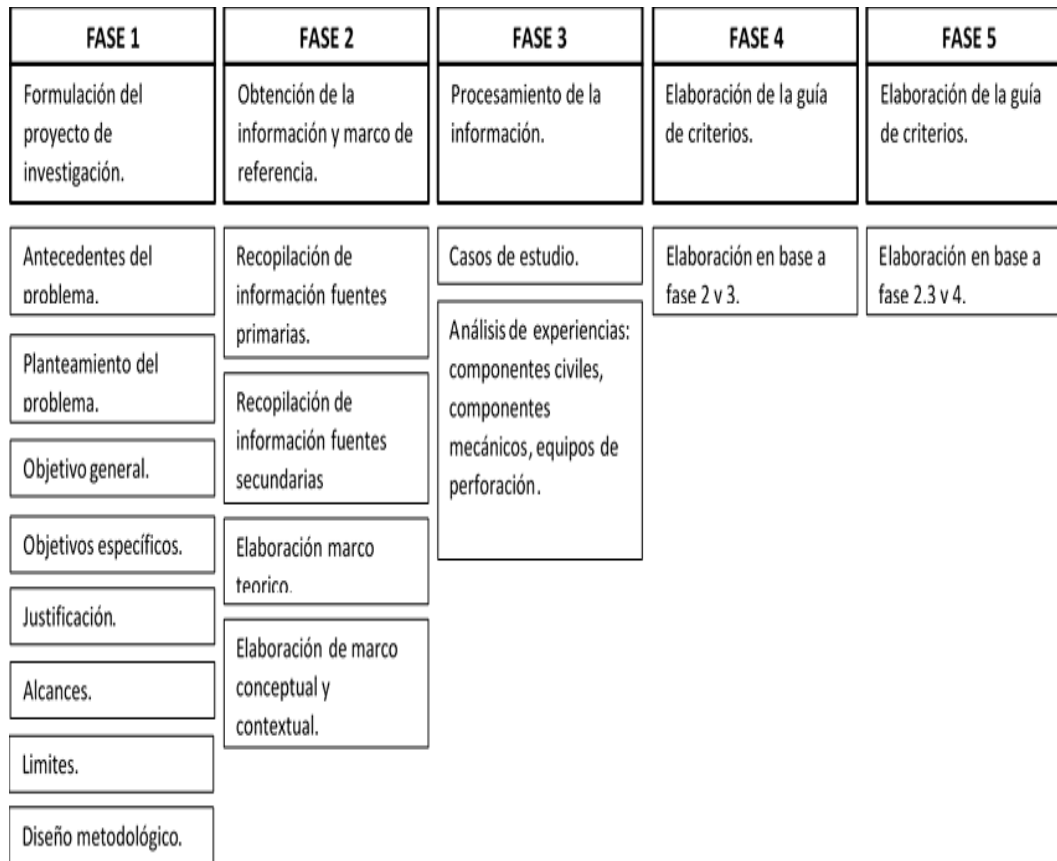


Fig. 2 Fases propuestas para el desarrollo de la investigación [Elaboración propia].

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

Para poder hablar de la creación de plataformas geotérmicas es necesario aclarar que este es solo un componente dentro del desarrollo de un proyecto de explotación geotérmica. En este sentido entenderemos a la plataforma geotérmica como la unidad que contiene los componentes necesarios para la extracción o inyección de fluido geotérmico con el propósito de la transformación del mismo a energía eléctrica. La planta geotérmica, las plataformas y la red de acarreo conforman el campo geotérmico.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de brindar mayor claridad a los conceptos que se exponen en este documento, se hace necesario explicar los componentes a considerar para la proyección de una plataforma de perforación, conocer del proceso, maquinaria y equipo durante la perforación de un pozo geotérmico se vuelve sumamente importante; en este sentido, se divide este capítulo en tres áreas de análisis: Componentes civiles, Componentes mecánicos y Equipo de perforación, a continuación se detalla en que consiste cada una.

En El Salvador la generación Geotérmica mantuvo un status de prioridad desde los primeros estudios, y a medida que los resultados se hacían alentadores se obtenía mayor apoyo financiero e institucional, a tal grado que

2.2.1 MARCO REGULATORIO

En El Salvador la generación Geotérmica mantuvo un status de prioridad desde los primeros estudios, y a medida que los resultados se hacían alentadores se obtenía mayor apoyo financiero e institucional, a tal grado que fue avalada por la misma asamblea legislativa para realizar contrataciones o compras directas sin realizar procesos de licitación, las obras ejecutadas no requerían gestionar permisos institucionales, ni controles ya que se garantizaba cumplir con normas internacionales de construcción, e instalación, protegiendo el medioambiente y manejando una política de responsabilidad ante cualquier daño generado por el proyecto.

“Artículo 117 de la Constitución de la Republica de El Salvador:

Se declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales.

El Estado creará los incentivos económicos y proporcionará la asistencia técnica necesaria para el desarrollo de programas adecuados.”

Los tratados internacionales que fue suscribiendo el país en la ONU, permitió el nacimiento de instituciones como el Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales, como ente fiscalizador del impacto que genera el proyecto geotérmico, la implementación de políticas internacionales como el Desarrollo Sostenible, llevo a la creación de políticas nacionales que se estipulan en una legislación ambiental por medio de leyes, normativas y sistemas de evaluación de impacto ambiental, además esto impulso la cooperación

entre instituciones para ejercer la regulación de actividades relativas al proyecto y su relación con el entorno físico, ambiental, económico y social.

Actualmente el proyecto Geotérmico debe cumplir con las normativas, gestionar permisos, autorizaciones, en la institución idónea según el componente en gestión.

2.2.2 COMPONENTES CIVILES

a) PLATAFORMA DE PERFORACIÓN

Una plataforma de perforación se puede definir como una serie de espacios necesarios para la perforación de uno o más pozos geotérmicos y que implica actividades relativas a la perforación, manejo de lodos de perforación, disposición de equipos, maquinaria y herramientas, oficinas para personal de perforación, circulación interna y accesos. El diseño de dichos espacios supone la necesidad de conocer todos estos elementos para responder adecuadamente a los requerimientos durante el proceso de perforación, durante una eventual intervención mecánica y/o química y durante el mantenimiento de los pozos.

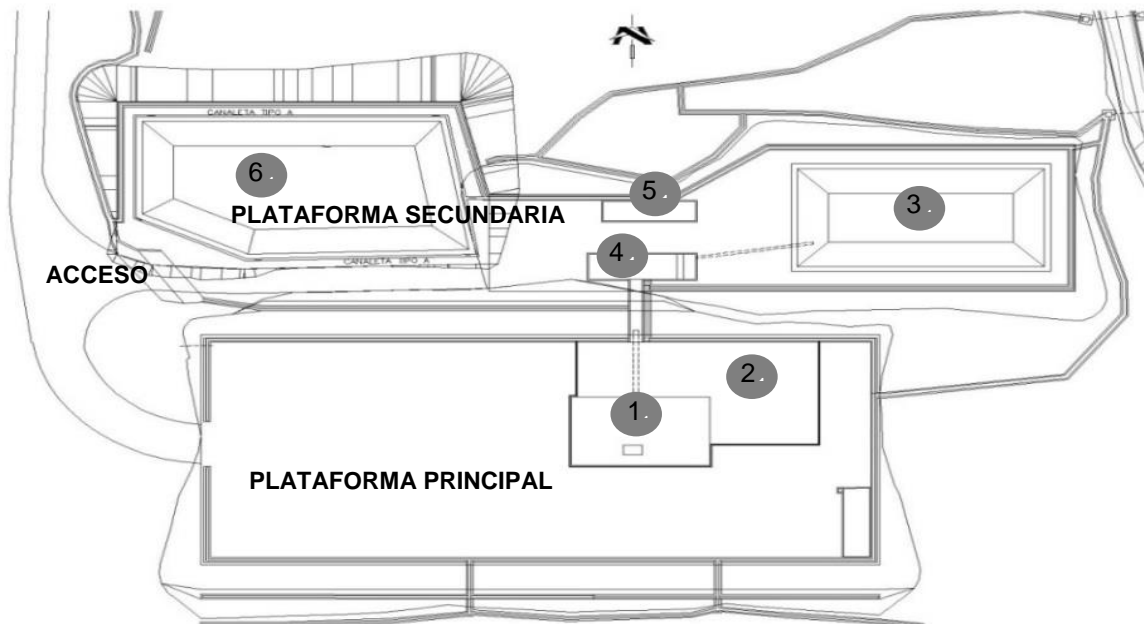


Fig. 3 Esquema de una Plataforma de Perforación. 1. Losa de contrapozos, 2. Losa de equipos, 3. Poza de agua, 4. Pila de lodos, 5. Pila de secado, 6. Lodos de recorte.

b) PLATAFORMA PRINCIPAL:

La plataforma principal (ver Fig. 3) consiste de una terraza la cual durante el proceso de perforación de un pozo debe estar acondicionada para colocar la torre de perforación, materiales, equipo y maquinaria requerida para dicho proceso; las dimensiones varían en función del equipo de perforación a usarse y del tipo de pozo a perforarse.

Los elementos que componen la plataforma son los siguientes:

- 1) Acceso y circulación de maquinaria,
- 2) Losa de contrapozos (1),
- 3) Losa de equipos (2) y
- 4) Tanque para combustible.

c) PLATAFORMA SECUNDARIA:

La plataforma secundaria (ver Fig. 3) se puede definir como una terraza complementaria de la plataforma principal, en la cual se instala lo siguiente:

- Poza de agua (3)
- Pila de lodos (4),
- Pila de secado (5) y lodos de recortes (6).

Todo lo anterior son elementos muy importantes para el proceso de perforación.

Debido a que la descarga de los lodos de perforación se hace por gravedad, la plataforma secundaria se diseña con un nivel más bajo respecto a la plataforma secundaria, normalmente entre 5 y 10 metros de diferencia pero se debe tomar en cuenta también la topografía del sitio.

d) DETALLES CIVILES

Una plataforma se construye tomando en cuenta los requerimientos de área necesarios para instalar equipos permanentes como estaciones de separación; albergar de forma temporal, complementos como módulos de oficinas, talleres, bodegas, cocina, comedor, baños y casilleros para el proceso de perforación materiales, herramientas y equipos necesarios para la perforación de pozos geotérmicos o mantenimiento del mismo, así como también área para circulación y futuras expansiones.

El diseño típico de una plataforma en los Campos Geotérmicos de El Salvador se divide en dos terrazas denominadas Plataforma principal y Plataforma Secundaria las cuales se conforman en el terreno con obras de terracería tratando de balancear los volúmenes de corte y relleno para optimizar recursos, se compacta con suelo cemento, se proyectan obras de drenaje de escorrentía superficial y se da tratamiento a la conformación de taludes lo cual incluye un análisis de estabilidad y un revestimiento con vegetación (usualmente zacate vetiver). La torre de perforación y los motores de combustión se instalan sobre la losa para equipos la cual se diseña con concreto armado para que soporte la carga y las vibraciones que estos generan.

Los componentes civiles requeridos para una plataforma de perforación están en función de las necesidades del proceso de perforación, del tipo de pozo a perforar, de la profundidad del pozo, y de la cantidad de pozos en una misma plataforma.

A continuación se presenta el diseño típico de cada elemento civil que compone una plataforma de perforación, las dimensiones y capacidad de volumen de cada elemento está en función de los requerimientos de perforación.

Para el caso de la losa de equipos, ésta se construye con concreto reforzado de acuerdo a norma, durante el proceso de perforación de un pozo debe de ser capaz de soportar los motores de combustión interna con los cuales trabajan los equipos de perforación, la carga y vibración de estos equipos es transmitida a esta losa. En la Fig. 4 se puede ver losa de contrapozo (A) y la losa de equipos (B).

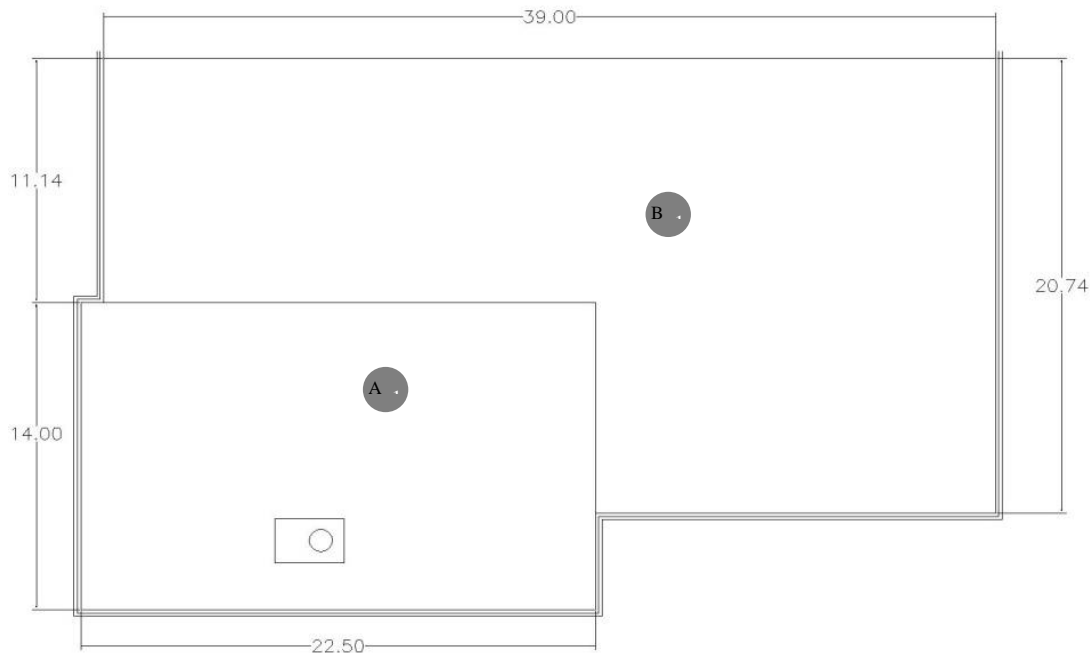


Fig. 4 ejemplo de losas de contrapozo de una plataforma geotérmica. A) Losa de contrapozo y B) losa de equipos.

Contrapozo y losa de contrapozo:

Se construyen con concreto reforzado de acuerdo a norma (ASTM C-150 para cemento y ASTM A-615 grado 40 para acero), en el contrapozo se instala el tubo guía el cual durante el proceso de perforación sirve para guiar la tubería de perforación, mientras que la losa debe de ser capaz de soportar la carga que le transfiere la torre de perforación. En la Fig. 5 se puede ver tanto en planta (A) como en sección (B) una losa que posee 3 contrapozos.

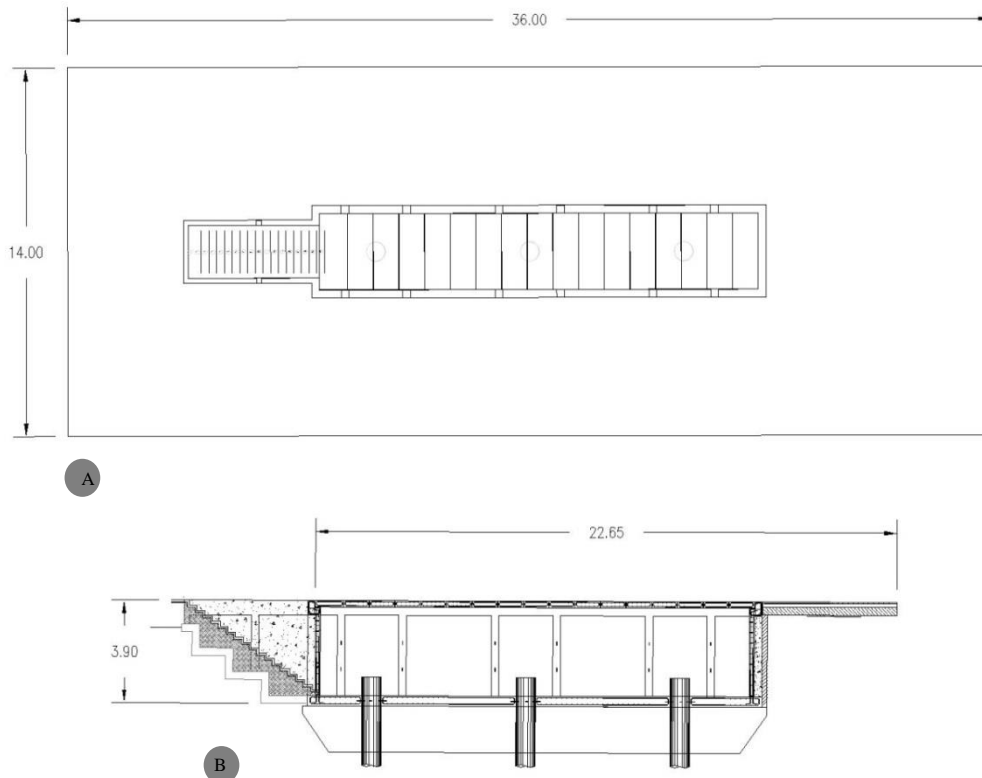


Fig. 5 Diseño típico de Contrapozos en una plataforma de perforación. A) vista en planta; B) vista alzada.

Poza de agua: se diseña para almacenar los fluidos (agua, bentonita y polímeros) requeridos para el proceso de perforación de un pozo geotérmico, se diseña con concreto reforzado bajo norma (ASTM C-150 para cemento) y debe de ser impermeable, el volumen se define a partir del diseño del pozo por parte de del área de perforaciones. Esta poza se usa en el futuro para realizar la descarga de agua durante las pruebas de producción de los pozos.

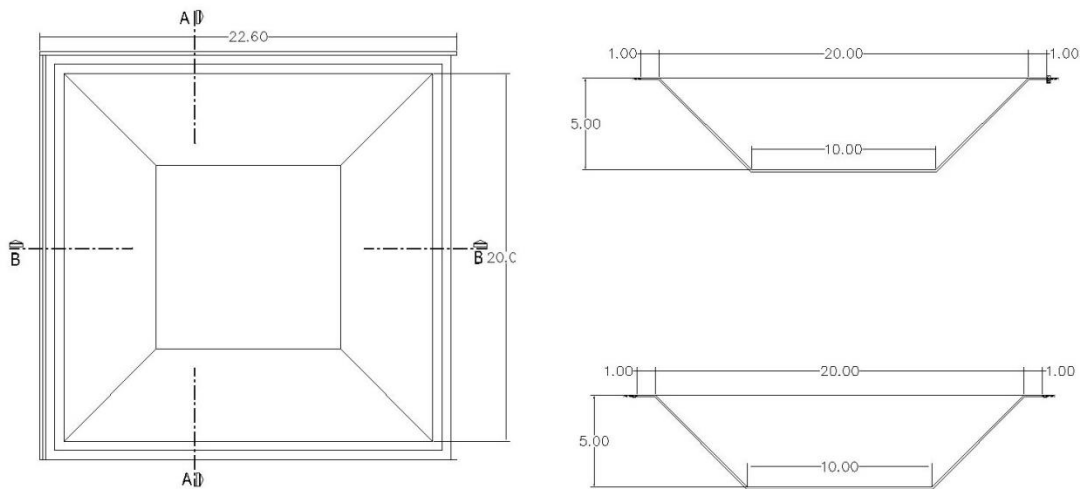


Fig. 6 Diseño típico de una Poza de Agua.

Pila de lodos de perforación:

Su función es almacenar los lodos de recortes provenientes del interior del pozo que se está perforando, la capacidad de almacenamiento depende de la profundidad del pozo, del diámetro del agujero y de la cantidad de pozos que se perforan en una misma plataforma; el volumen requerido lo define el diseño del pozo.

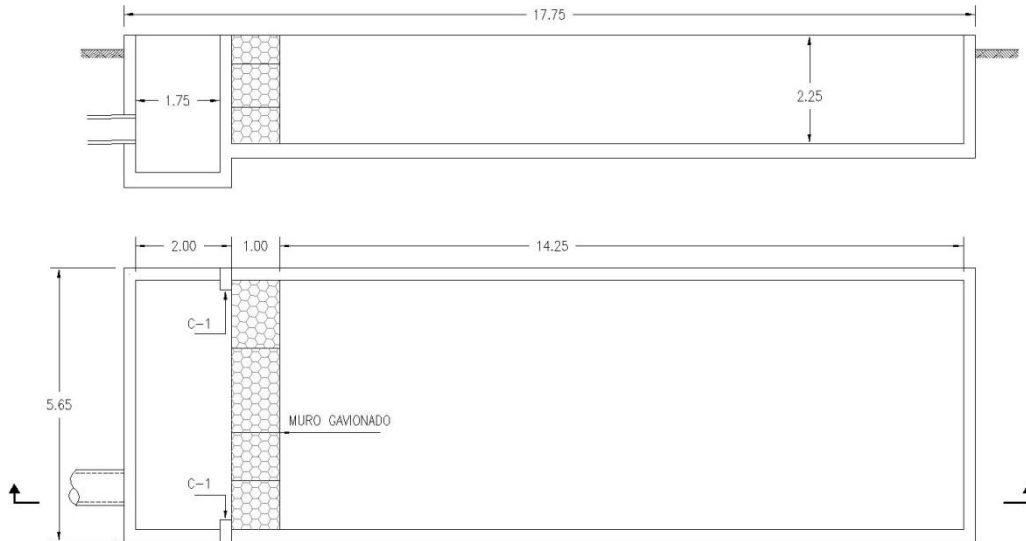


Fig. 7 Detalle típico de pila de lodos de perforación.

Pila de secado: mediante una mezcla de cemento se secan los lodos residuales provenientes del proceso de perforación para posteriormente ser depositados en el sitio de disposición de lodos destinado para ese proyecto. En la imagen se puede ver el detalle típico de una pila de secado en las plataformas de perforación de los Campos Geotérmicos de El Salvador.

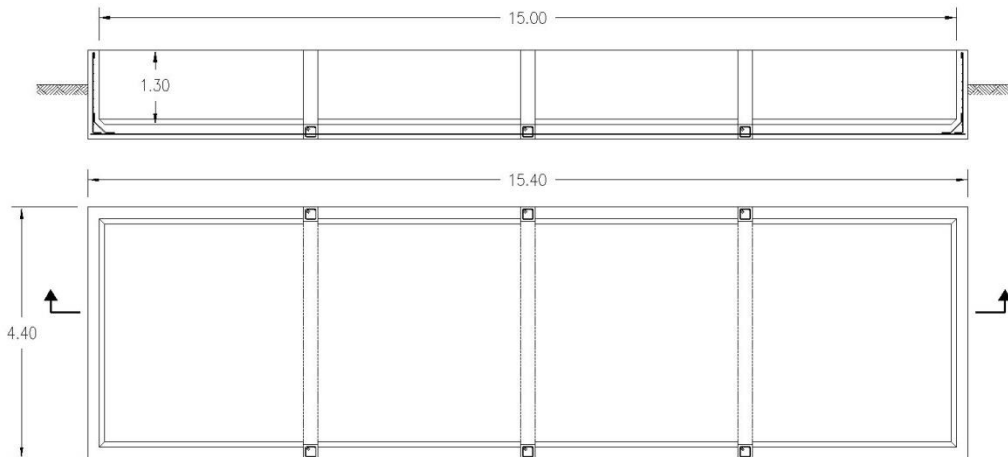


Fig. 8 Detalle típico de pila de secado.

Losa para tanque de combustible:

Se diseña para almacenar el tanque de combustible (usualmente metálico) que alimenta los motores de combustión durante el proceso de perforación por si existe algún derrame de dicho combustible.

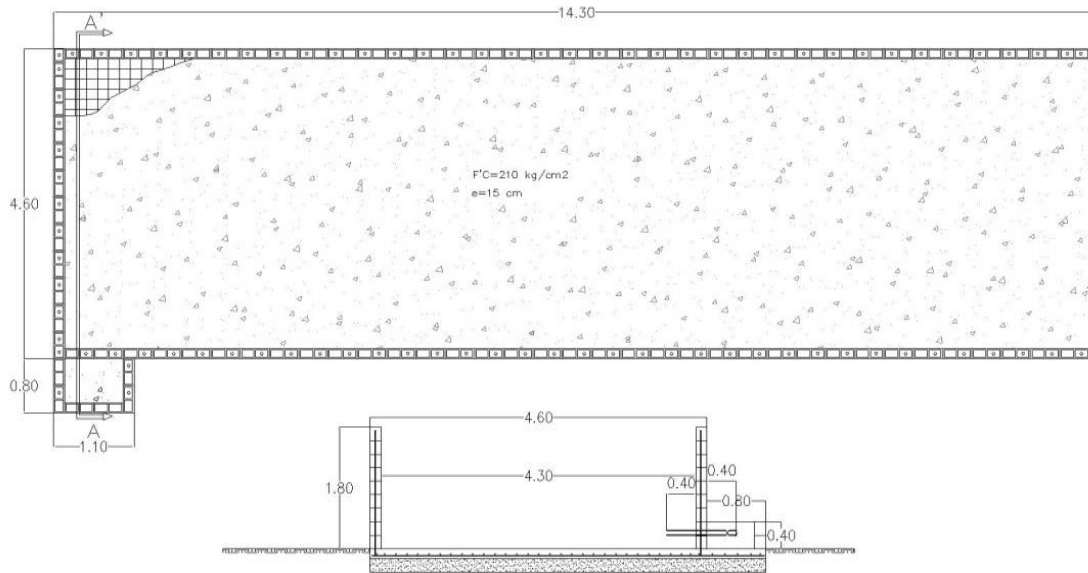


Fig. 9 Detalle típico de losa para combustible.

2.2.3 COMPONENTES MECÁNICOS

Después de la perforación de un pozo geotérmico con fines de producción, se hace necesario la instalación de los equipos que separan del flujo bifásico extraído de dicho pozo para poder llevarlo a la Central Geotérmica para lo cual se instalan ciertos componentes mecánicos que cumplen dicha función.

La función principal de estos equipos es separar el agua y el vapor geotérmico y mediante un sistema de tuberías, denominado sistema de acarreo, el vapor es conducido a la Central Geotérmica para generar energía eléctrica, mientras que el agua es conducida generalmente a un sistema para segundo Flasheo o ciclo binario (según sea el caso) y posteriormente reinyectada en los pozos para tales fines.

Al conjunto de estos equipos para separar el agua del vapor se les conoce como *Estación de Separación* A continuación se describe cada uno de sus componentes:

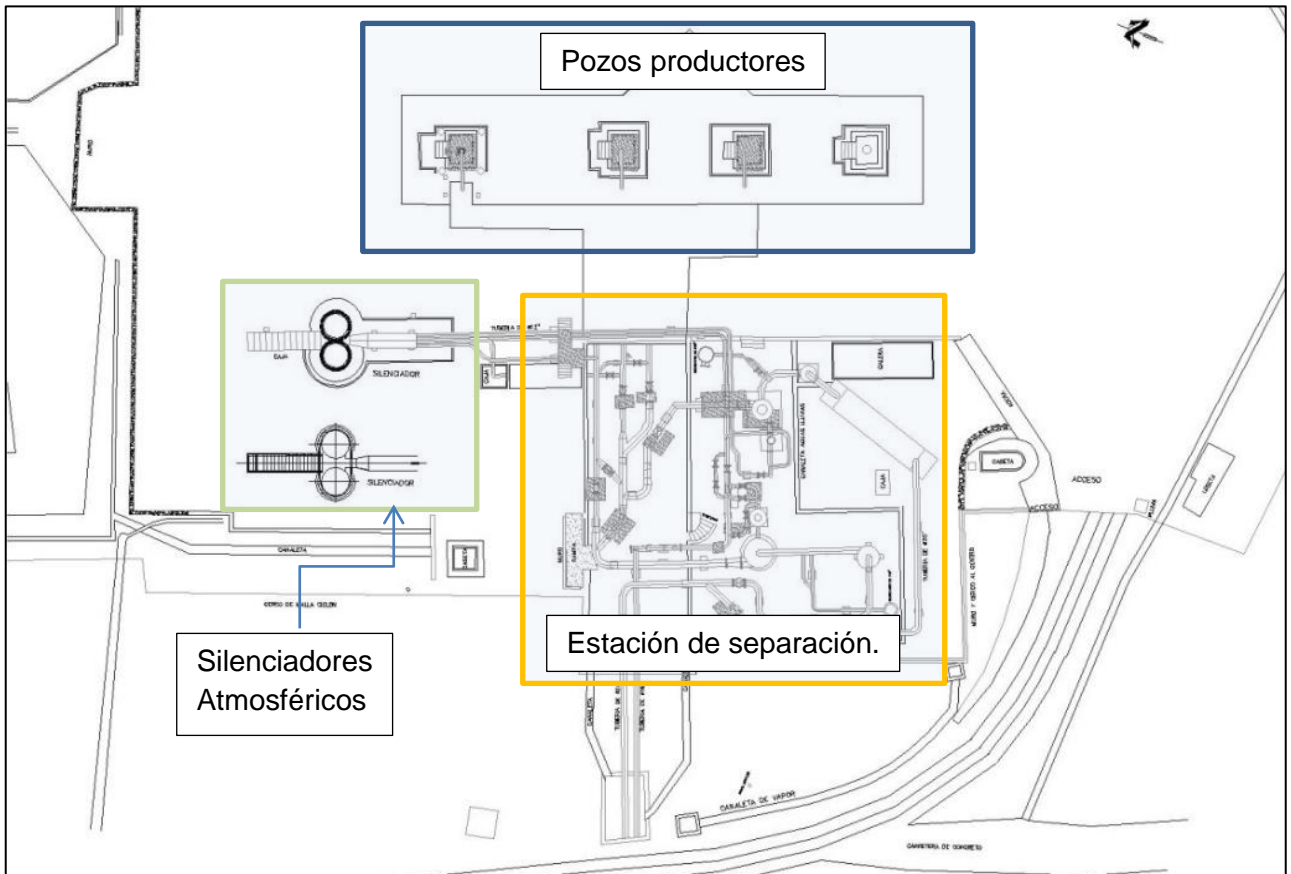


Fig. 10 Disposición de equipos en plataforma geotérmica. (Zona de producción, estación de separación, sistemas de silenciadores atmosféricos y para acarreo.

a) ESTACION DE SEPARACION

Una estación de separación incluye los siguientes elementos:

- 1) Separador Ciclónico (2),
- 2) Tanque de agua (3),
- 3) Tanque de Bola (1),
- 4) Silenciador de Roca (4)
- 5) Silenciador Atmosférico (5).

Para una mejor comprensión de cada uno de estos elementos, se describe a continuación en que consiste cada uno:



Fig. 11 Imagen de una estación de separación de flujo bifásico. 1. Tanque de bola, 2. Separador ciclónico, 3. Tanque de agua, 4. Silenciador de roca, 5. Silenciador atmosférico.

- **SEPARADOR CICLONICO:** En superficie, el vapor y el agua extraída del pozo es separada por medio de un equipo denominado separador ciclónico en donde el agua por su peso y densidad es separada del vapor; luego ambos flujos son conducidos a través de un sistema de acarreo hacia la Central.
- **TANQUE DE AGUA:** Su función es amortiguar las variaciones de nivel del flujo de agua proveniente del separador ciclónico.
- **TANQUE DE BOLA:** Su función evitar un flujo de agua en la línea de vapor a través de una esfera interna que bloquea el paso de flujo de agua hacia la línea de vapor; de existir un mayor caudal de agua en el sistema, este se cierra a través del tanque de bola y envía el agua hacia el silenciador de roca del cual mediante el sistema de acarreo por canaleta se lleva a reinyección.
- **SILENCIADOR DE ROCA:** Se usa para reducir ruidos durante las pruebas de producción y maniobras de pozos, su aplicación es para vapor.

- SILENCIADOR ATMOSFERICO: Se usa para reducir ruidos durante las pruebas de producción y maniobras de pozos, en flujo bifásico (agua y vapor)

b) ARREGLO DE CABEZAL

Un arreglo de cabezal incluye una válvula maestra la cual controla todo el flujo del pozo, esta válvula posee la característica de trabajar totalmente abierta si se está operando el pozo y totalmente cerrada si el pozo sale de producción; una válvula de control la cual permite el control del flujo bifásico, presión y temperatura que se está extrayendo del pozo, se instala posterior a la válvula maestra. El arreglo se muestra en la Fig. 12.



Fig. 12 Arreglo de un árbol de contrapozo geotérmico. (1) válvula maestra y (29) válvulas de control

2.2.4 EQUIPO DE PERFORACIÓN.

Un equipo de perforación de manera general está constituido por 5 grandes elementos:



Fig. 13 Componentes principales de un equipo de perforación (J. Pérez Graphics & Design)

A. Sistema de Elevación: Consiste principalmente en la torre de perforación (1) y el malacate (4). El malacate consiste en el carrete principal, de diámetro y longitud proporcionales según el modelo. El carrete sirve para enrollar cientos de metros de cable de perforación. Por medio de adecuadas cadenas de transmisión, acoplamiento, embragues y mandos, la potencia que le transmiten los motores de combustión interna puede ser aplicada al carrete principal o a los ejes que accionan los carretes auxiliares, utilizados para enroscar y desenroscar la tubería de perforación y las de revestimiento o para manejar tubos, herramientas pesadas u otros implementos que sean necesarios llevar al piso del taladro durante el proceso de perforación.

B. Sistema de circulación de fluidos: consiste en un conjunto de elementos con los cuales se inyecta lodos durante el proceso de perforación para enfriar la sarta de perforación y traer a superficie los recortes de perforación. Los elementos que componen dicho sistema

consisten principalmente en tanques de lodo, bombas de lodo, equipo para separación de sólidos y torre de enfriamiento.

C. Sistema de rotación: consiste en el conjunto de herramientas necesarias para hacer girar la sarta de perforación con la cual se perfora un pozo geotérmico; entre estas herramientas están: Mesa Rotaria (3), Sarta de Perforación y Kelly.

D. Sistema de potencia: Constituido por motores de combustión interna, los cuales generan la fuerza o energía requerida para la operación de todos los componentes de un equipo de perforación.

E. Equipos auxiliares. Lo constituyen los espacios requeridos para el personal de campo destacado en un proyecto de perforación entre los cuales están oficinas, talleres, tanque de agua y tanque séptico.

Cada uno de estos elementos, en conjunto con los espacios de circulación ayuda a dimensionar una plataforma de perforación, y a definir áreas (ver Fig. 14).

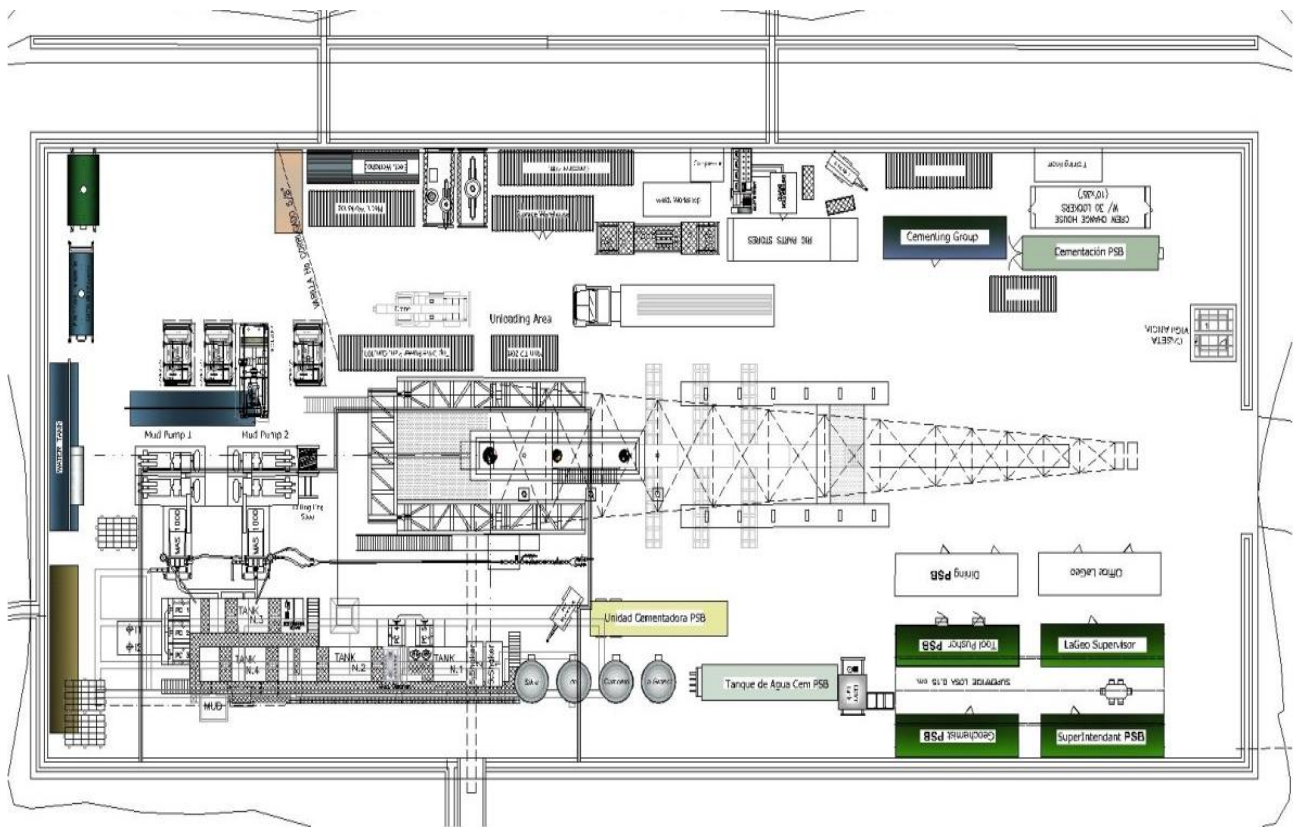


Fig. 14 Esquema distribución equipo de perforación en plataforma principal

3 ANÁLISIS DE DATOS

3.1 CASOS DE ESTUDIO

Los Campos Geotérmicos existentes en El Salvador han seguido un proceso de evolución a través de los años, factores económicos, tecnológicos, políticos y sociales toman cada vez más relevancia en la ejecución de proyectos, factores ambientales han conducido a cambios en los diseños civiles, las plataformas de perforación en particular han sufrido ajustes debido a estos factores.

Por lo cual para comprender mejor este fenómeno, se analizan a continuación 2 casos de plataformas con una marcada diferencia en sus diseños respectivos:

- El primer caso diseñado considerando como objetivo esencial conectar los pozos productores de inmediato para generar energía a la brevedad posible y lograr el retorno de la inversión; se determinara que problemas se dieron tras su funcionamiento.
- El segundo caso se diseñó considerando las experiencias del primero, en busca de un diseño más óptimo.

A continuación se analiza cada una.

3.1.1 PLATAFORMA DG-01

En la **figura X** se observa la plataforma de perforación en que existía un primer pozo perforado de la década de los 80's: P-01, durante un nuevo desarrollo en el último quinquenio de los 90's se perforaron los pozos P-02, P-03 y P-04.

ACCESOS Y TERRAZAS:

- La calle de acceso es parte de la circulación del campo y atraviesa la plataforma principal.
- La plataforma primaria está a un nivel superior que la secundaria, permite el drenaje de escorrentía de aguas lluvias y de lodos de perforación.
- La circulación vehicular divide la plataforma principal de la secundaria, exponiendo al transporte en una mala maniobra, a una caída sobre la plataforma secundaria.
- El área de la plataforma principal no está centralizada respecto al eje de pozos, por lo que la distribución de equipos de perforación puede generar mayor cantidad de maniobras para el manejo de materiales, equipos auxiliares y maquinaria de manejo de cargas, grúas y montacargas.

EJE DE CONTRAPOZOS:

- Contrapozos ubicados sobre un mismo eje; facilita el proceso de perforación.
- La distancia entre contrapozos (10.00m) permite la colocación y desplazamiento del equipo de perforación definido para esta etapa (TORRE DE IZAJE).
- Contrapozos deben drenar hacia pileta de lodos.
- La proyección de la línea de acarreo influye en la forma final de la plataforma principal y es una limitante para el manejo de equipos y torre de perforación.

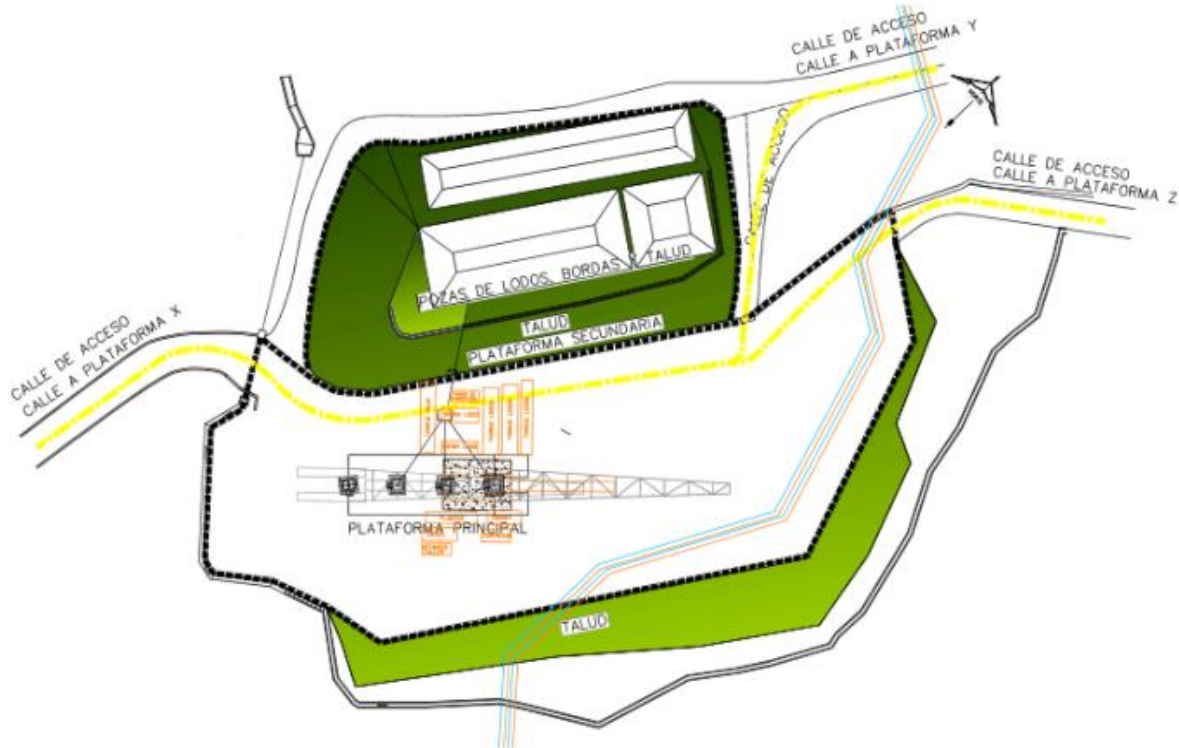


Fig. 15 Vista de planta de plataforma DG-01

SILENCIADOR ATMOSFÉRICO.

- La separación entre el silenciador atmosférico y los centros de contrapozos es de 10.00 m.
- El centro del contrapozo P-01 y el nivel de la plataforma terminada se define como banco de marca para referenciar distancias y elevaciones.
- Se definen tuberías de drenaje de 18" con pendiente mínima del 2.5% para facilitar la escorrentía del lodo de perforación del proceso o de la mezcla de limpieza química, en caso de obstrucción se puede usar agua a presión mediante mangueras y equipo de bombeo.
- El nivel inferior de la botella del Silenciador Atmosférico debe garantizar el drenaje de las descargas del sistema de separación.
- La ubicación del Silenciador Atmosférico debe ser tal que los vientos predominantes (N-S y SE-NO) no empujen el vapor hacia las estructuras y equipos de separación, debe considerarse la topografía del sitio y nivel terminado de plataforma.

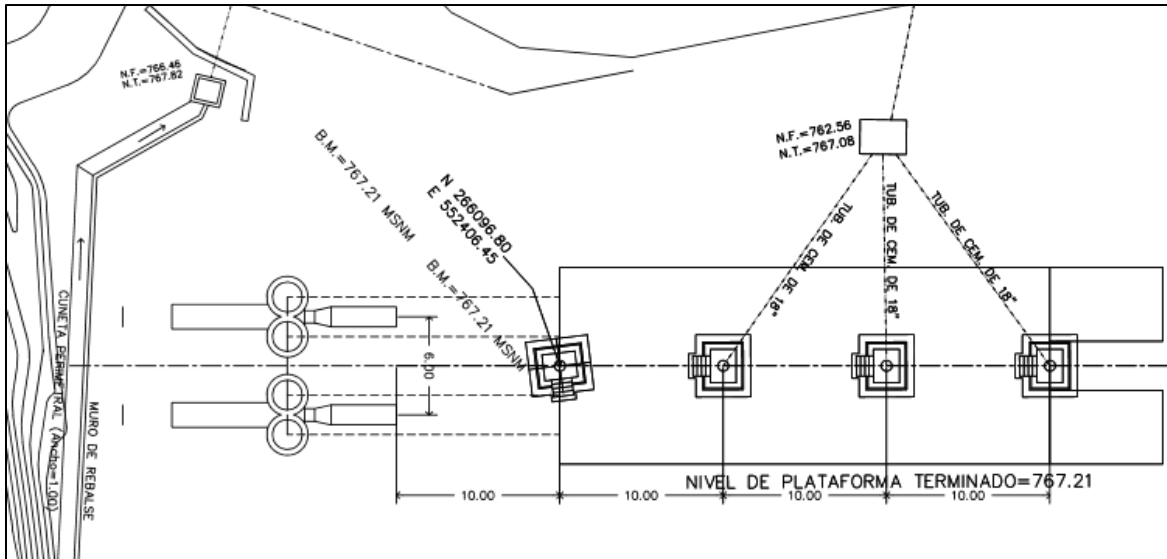


Fig. 16 Vista de planta de silenciadores y contrapozo, plataforma DG-01

SISTEMA DE SEPARACIÓN:

- El diseño determina que las líneas de flujo bifásico hacia las estaciones de separación y silenciador atmosférico son superficiales.
- Las estaciones de separación y silenciador atmosférico están cercanas al eje de pozos y la línea colectora de acarreo.
- Los soportes de líneas se apoyan en la losa principal, fuera de ella se definen soportes metálicos anclados a zapatas aisladas

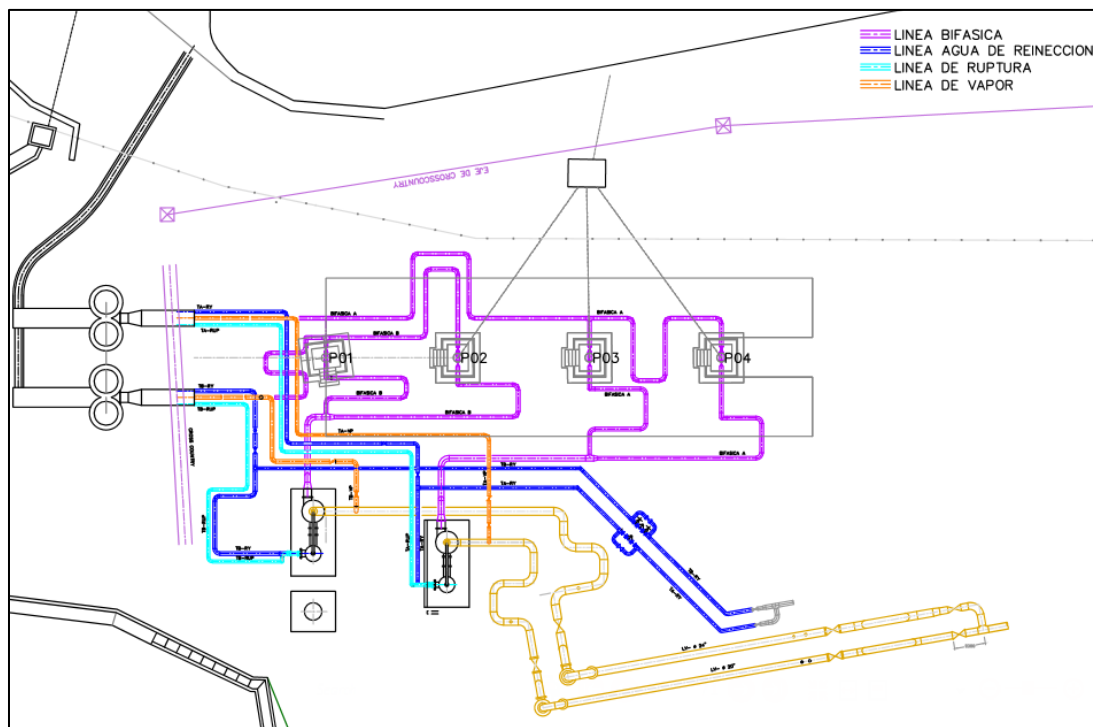


Fig. 17 Vista de planta de disposición de sistema de acarreo en plataforma DG-01.



Fig. 18 Montaje de sistema de acarreo, tipo superficial, en plataforma DG-01



Fig. 19 Distribución de equipo separador y tubería de acarreo en plataforma DG-01.

INTERVENCIÓN DE POZO:

- El diseño de las líneas de flujo bifásico hacia las estaciones de separación y silenciador atmosférico al ser superficiales deben ser desmontadas para instalar el equipo de perforación en caso de una intervención mecánica.
- El desmontaje incluiría los soportes sobre plataforma, con un costo tanto en obras mecánicas como civiles
- Para mantener el arreglo superficial del diseño inicial debería modificarse con tramos de tubería bridada desmontables, que pueden ser puntos de falla a futuro, sumando los costos de modificación
- La intervención del pozo P-01 implicaría sacar de producción todos los pozos, desmontar todas las líneas en cada intervención mecánica y correr riesgo de dañar los cabezales de pozos, incluyendo las pérdidas por no producción y multas.

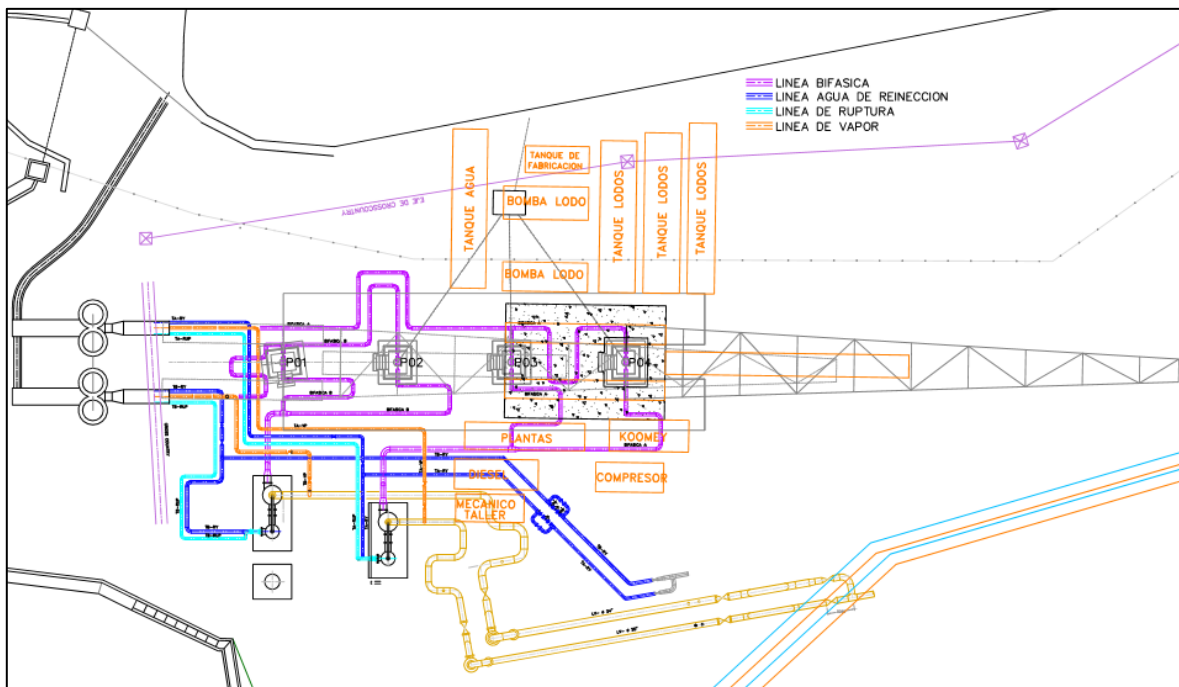


Fig. 20 Distribución de equipo de perforación durante intervención mecánica en plataforma DG-01.

MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN:

- Se modificó las líneas de flujo bifásico hacia las estaciones de separación y silenciador atmosférico al ser subterráneas facilita instalar el equipo de perforación en caso de una intervención mecánica.
- Los soportes en el paso subterráneo estarán anclados en la losa de piso del canal
- La programación de las obras civiles se realiza con anticipación y considerando los pozos en funcionamiento, se avanza en el montaje mecánico del nuevo diseño.
- Se programa el desmontaje de líneas bifásicas por etapas y la conexión a los equipos se adapta al programa de mantenimiento del Turbogenerador.

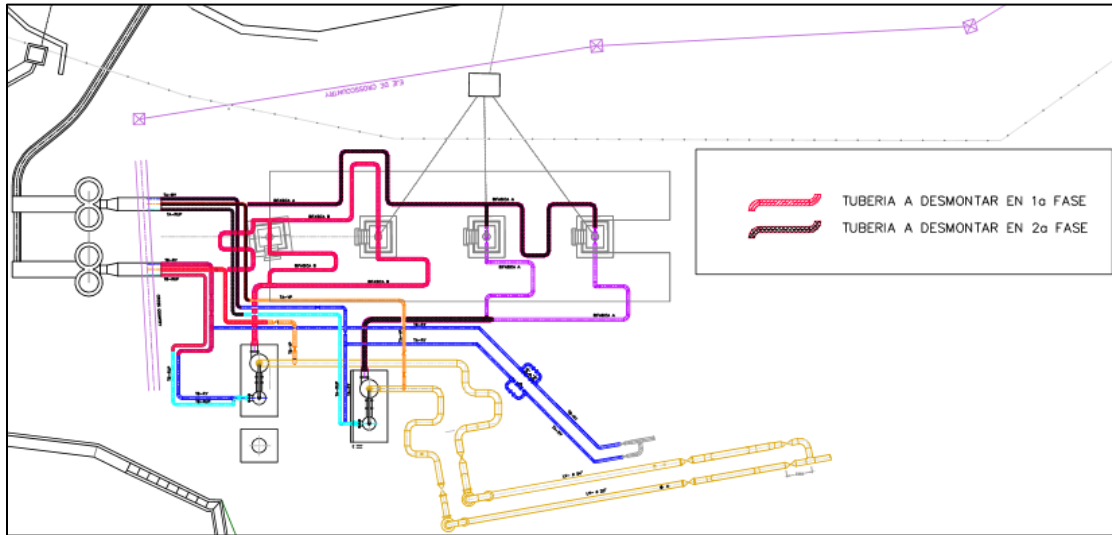


Fig. 21 Propuesta de desmontaje de tubería bifásica.

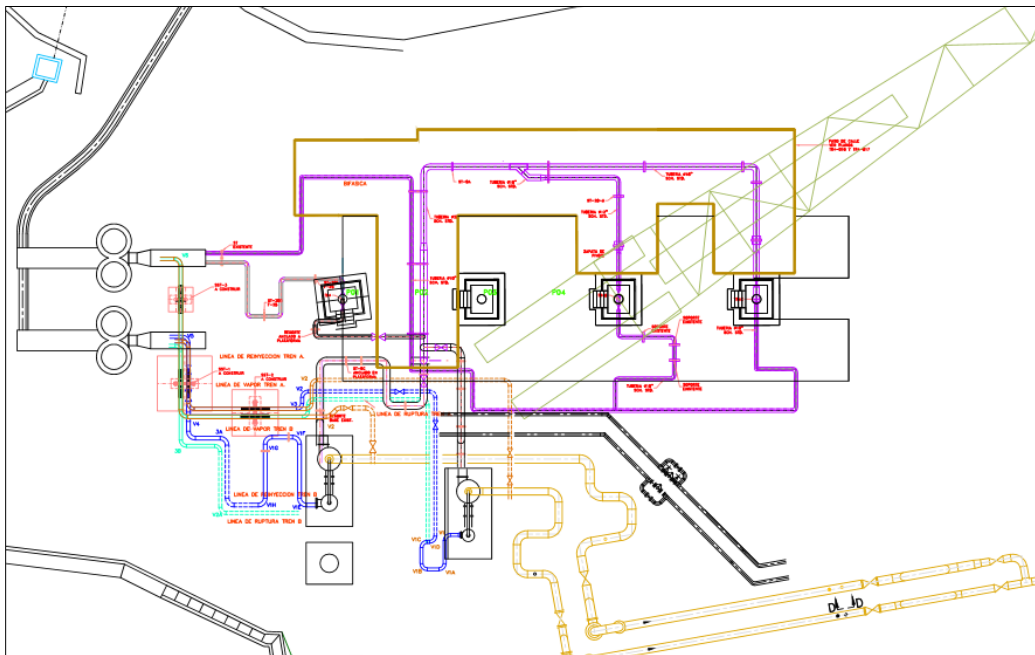


Fig. 22 Vista en planta de nueva distribución de tubería subterránea.



Fig. 23 Vista en perspectiva de nuevo diseño de tubería subterránea

3.1.2 PLATAFORMA DG-02

Existen algunas soluciones de Plataformas (**ver figura 24**) que en el diseño civil se ha considerado futuras intervenciones a los pozos y evitar así la salida de producción, durante dicha intervención.

Diseños en los cuales la Estación de Separación queda establecida en una terraza independiente, además la disposición de las líneas de tuberías, válvulas y accesorios que conectan con los contrapozos se instalan de manera subterránea, dejando libre el área de la plataforma principal, permitiendo que exista el espacio requerido para la instalación y movilización de los equipos de perforación durante una eventual intervención a cualquier pozos; además esta distribución facilita de igual manera la perforación de un nuevo pozo, si se diera el requerimiento a futuro.

Las políticas ambientales actuales que regulan los proyectos, también juegan un papel importante a considerar.

- La calle de acceso a plataforma controlada y conecta a carretera existente y es exclusiva de la plataforma principal.
- La plataforma primaria está a un nivel superior que la secundaria, permite el drenaje de escorrentía de aguas lluvias y de lodos de perforación.
- La circulación vehicular es accesible a la plataforma principal y la secundaria.
- El área de la plataforma principal está centralizada respecto al eje de pozos, por lo que la distribución de equipos de perforación, con espacio suficiente para maniobras para el manejo de materiales, equipos auxiliares y maquinaria de manejo de cargas, gruas y montacargas.
- Separador atmosférico y estación de superación con espacio suficiente para la distribución de líneas de acarreo.
- Espacio para pozos de lodo y pozos de recorte.
- Se puede intervenir un pozo sin afectar a los demás.
-

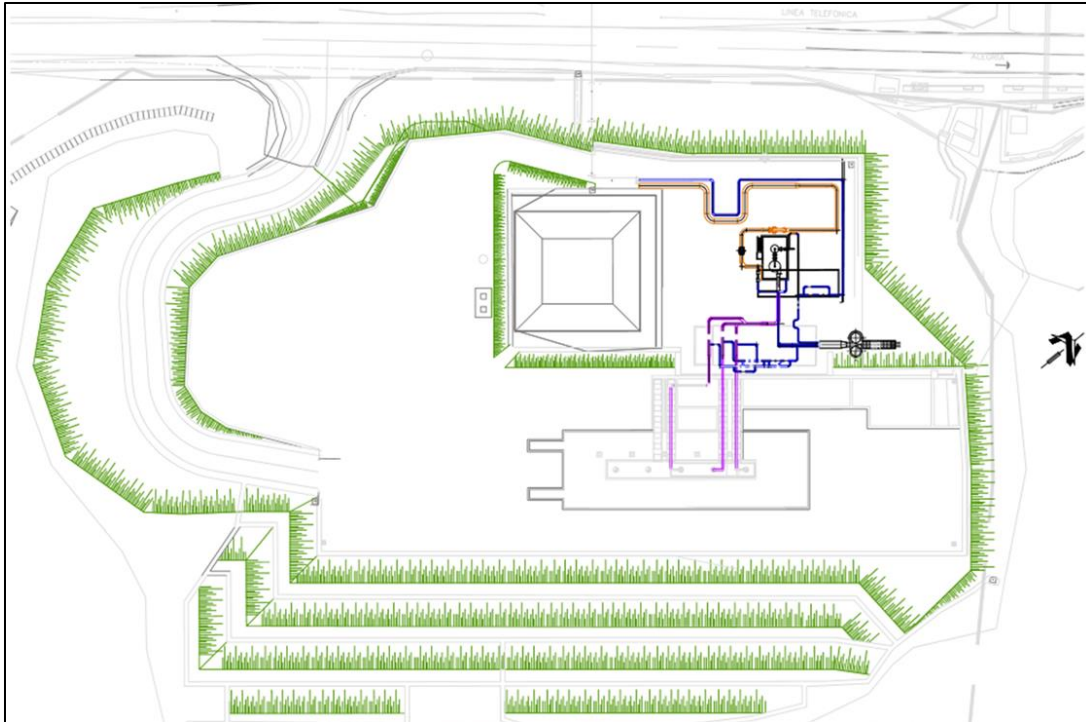


Fig. 24 Vista en planta de plataforma DG-02.

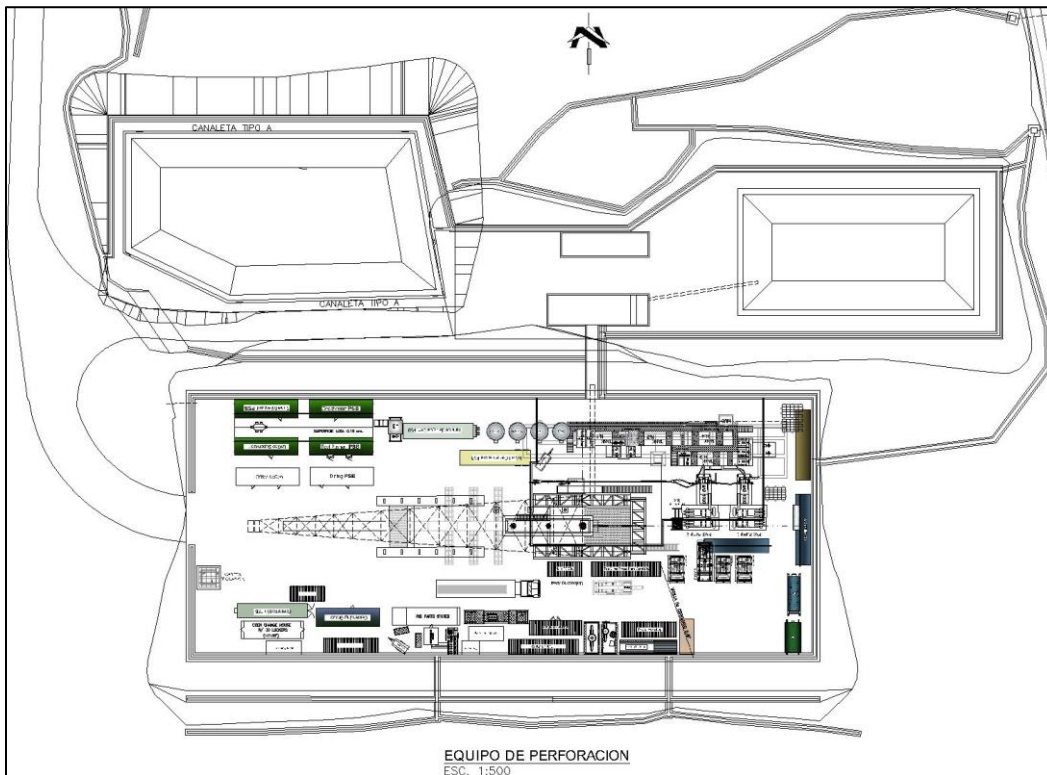


Fig. 1 Distribución de equipamiento de perforación durante intervención de pozo.

3.2 INTERPRETACIÓN DE FUENTES PRIMARIAS

El proceso de desarrollo de la Geotermia en El Salvador como se mencionó en los antecedentes data desde el año 1956, desde los visionarios de aquella época hasta la actualidad han pasado muchas personas en las diferentes áreas, forjando toda una experiencia de aprendizaje y conocimiento como producto de su dedicación al trabajo; es por ello que para aprovechar al máximo la experiencia que se tiene en geotermia en el país, se ha querido establecer un mecanismo que permita recolectar esa experiencia del personal para lo cual se han elaborado fichas de entrevistas en las cuales se pretende recolectar información relacionada a las obras civiles, instalaciones superficiales, perforación y geoquímica, con el objeto de conocer, analizar e interpretar la información que nos permita conocer las necesidades que cada área requiere para la proyección de una plataforma de perforación.

Es importante conocer las funciones de cada área que interactúa de alguna manera durante el proceso de perforación de un pozo geotérmico porque eso permite brindar soluciones acertadas en el diseño de una plataforma, la coordinación entre áreas se vuelve importante para buscar soluciones para un objetivo común, en la medida en que esa coordinación entre áreas exista, así serán los resultados obtenidos, se mejoraran los procesos y ninguna actividad estará en detrimento de la otra, lo que garantiza el éxito de un proyecto.

Para tal efecto se propone un instrumento denominado ficha con requerimientos por llegar por cada involucrado en el proyecto. Cada una de las fichas que a continuación se presentan, brinda información importante que nos permite conocer en primer lugar cual es el rol de cada una de las áreas involucradas durante el diseño y funcionamiento de una plataforma de perforación, nos permite conocer los elementos, componentes, equipos y herramientas utilizados en sus respectivos procesos con lo cual se tiene una aproximación de las áreas requeridas con las cuales fundamentar el diseño civil, lo que permite establecer criterios de diseño. En la ficha de obras civiles por ejemplo (ver anexo Ficha obras civiles) en la pregunta número siete se hace énfasis en cómo se establece las dimensiones de una plataforma de perforación, lo cual al ver la respuesta proporcionada se observa claramente la relación que existe entre los componentes de perforación y los requerimientos de áreas necesarias para desarrollar la perforación de un pozo geotérmico.

En la ficha de entrevista de Instalaciones Superficiales se brinda información sobre los diferentes equipos que se instalan en una plataforma de perforación los cuales incluyen la estación de separación, tanque de agua y de bola, silenciador atmosférico y rock muffler, así como también los diferentes arreglos de tubería. Es importante destacar que en la pregunta 3 se hace relación a que la proyección de los equipos antes mencionados se realiza durante el proceso de diseño de una plataforma.

En la ficha de perforación, se enumeran los componentes necesarios para realizar la perforación de un pozo geotérmico, con lo cual se determina el dimensionamiento de las losas de contrapozo, losa de equipos y las dimensiones generales que pudiera tener la plataforma, en función del tipo de equipo de perforación a utilizar.

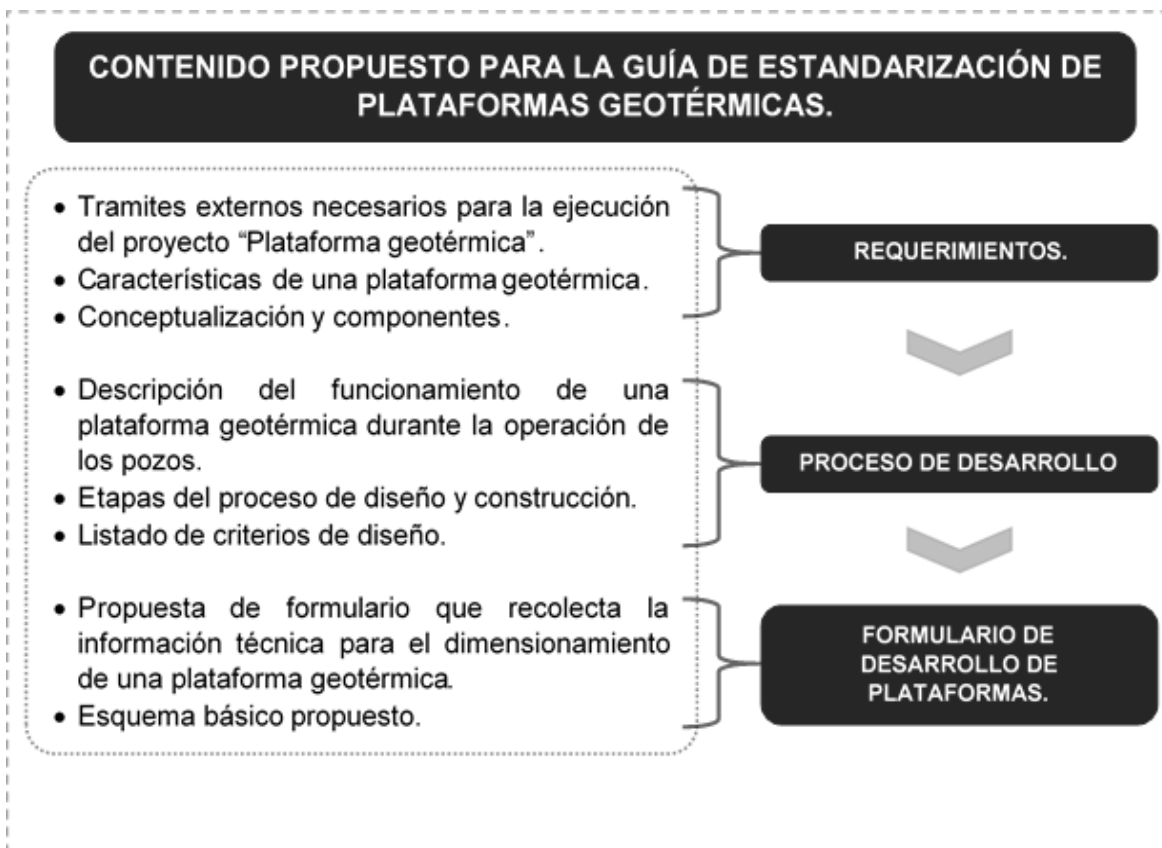
En la ficha de entrevista del área de Geoquímica, lo más relevante es conocer el tipo de equipos que se utiliza para una intervención química en los pozos, para lo cual se usan

tanques para almacenamiento de agua y ácidos, sistema de bombeo, montacargas, y andamios, lo que permite conocer al diseñador de obra civil los espacios y áreas requeridas para esta actividad, para lo cual se diseña la plataforma.

4 GUÍA DE DISEÑO

A continuación se describe el contenido de la guía de diseño de plataformas geotérmicas con base a la investigación y documentación de los procedimientos llevados a cabo por cada una de las áreas de una empresa dedicada a la geotermia. En la guía se relatan paso a paso la documentación necesaria para la proyección de una plataforma, así mismo los componentes de la misma y las áreas técnicas responsables de cada procedimiento.

El fin de la guía es sentar un precedente para la creación de una metodología que coordine las áreas técnicas involucradas con la construcción y funcionamiento de una plataforma geotérmica de manera simplificada, de manera tal que este procedimiento sea encaminado a una manera más eficaz y, por tanto, óptima, de proyectar de plataformas para que las mismas cumplan con los requerimientos técnicos necesarios y enfatice las buenas prácticas, que se garantice el buen uso de los recursos y también evitar la indisponibilidad de extracción del recurso a lo largo de funcionamiento de los pozos tanto productores como de inyección. El contenido de la guía se muestra en la figura siguiente:



4.1 REQUERIMIENTOS

A continuación se enumera en una secuencia lineal las consideraciones generales que condicionan la planificación y el desarrollo de una plataforma geotérmica. Con el fin de dar una aproximación metodológica a la recolección de las variables y pasos previos necesarios que deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar una plataforma.

4.1.1 REQUERIMIENTOS INTERINSTITUCIONALES

La formulación de un proyecto de diseño de una plataforma geotérmica es determinado tanto por las diversas áreas técnicas encargadas de la ejecución del mismo así como también por un marco regulador que establece los parámetros y normativas bajo los cuales este debe regirse. Dicho marco regulatorio suele estar conformado por una serie de instituciones las cuales exigen un número de requerimientos a ser cumplidos para la aprobación del proyecto; en el caso particular, de plataforma geotérmica.

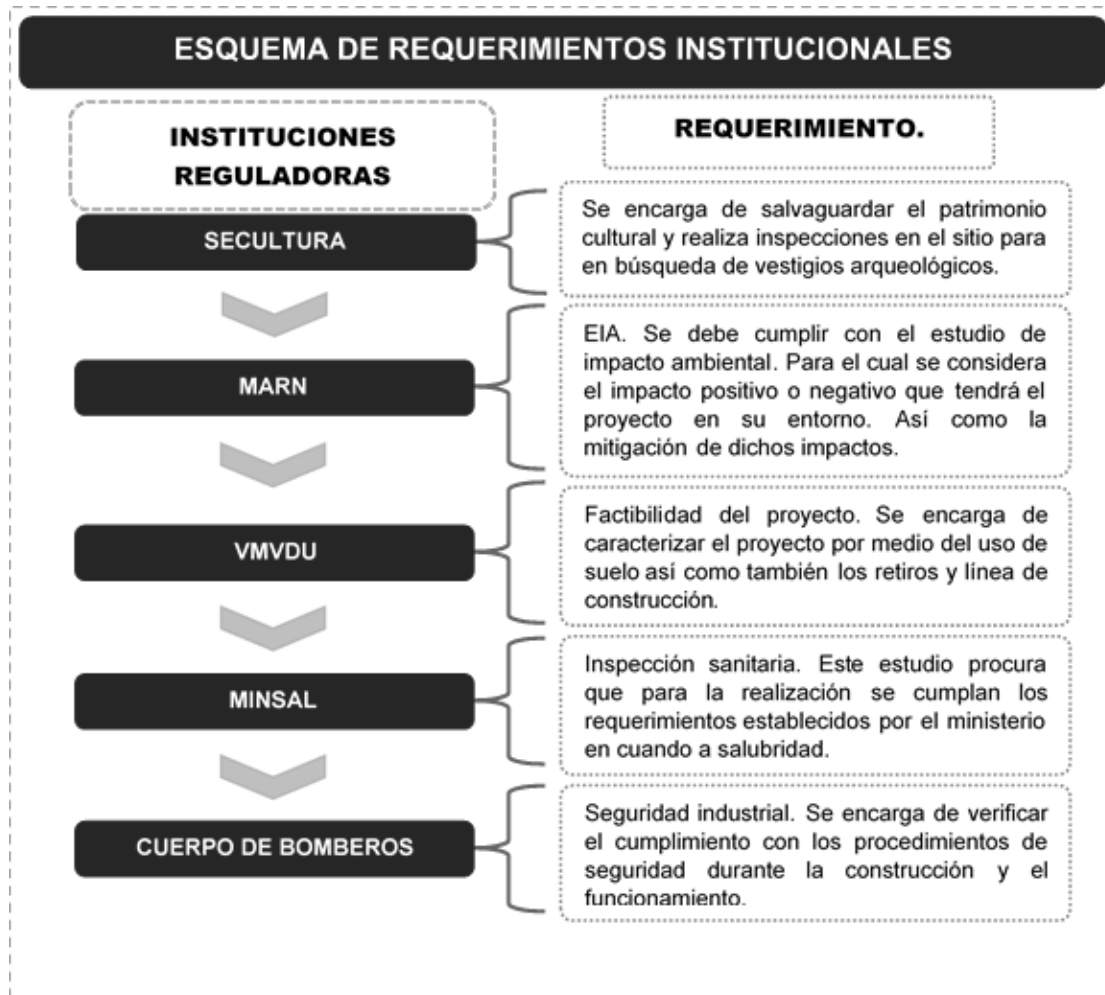
Tomar en cuenta los requerimientos establecidos por las distintas instituciones es de gran importancia pues las mismas establecen condicionantes que pueden traducirse de manera espacial y por tanto, el área de la plataforma puede verse directamente afectada por las estipulaciones de las distintas instituciones en sus resoluciones correspondientes.

El cumplimiento de esta serie de requerimientos pueden ser enumerados de manera práctica, por medio de la documentación necesaria que debe elaborarse para que el proyecto pueda ser evaluado y posteriormente a la aprobación, ejecutado. Así mismo cabe mencionar que esta lista no tomará en cuenta los documentos que se generan para satisfacer las demandas de instituciones financieras; a las cuales el proyecto podría estar sujeto, y solo se enfocará en el marco interinstitucional por ley.

En El Salvador las instituciones que regulan la construcción de infraestructura para el desarrollo de la actividad de explotación del recurso geotérmico son:

- MARN. *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.*
- VMVDU. *Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.*
- SECULTURA. *Secretaria de Cultura.*
- MINSAL. *Ministerio de Salud.*
- CUERPO DE BOMBEROS DE EL SALVADOR.

El listado de la documentación necesaria que se debe producir para la evaluación y aprobación del proyecto de plataforma geotérmica, se encuentra simplificado en la siguiente lista.



4.1.2 Requerimientos técnicos

Existen ciertas características que deben cumplirse para la ejecución de una plataforma geotérmica, tanto previos a la construcción de la plataforma, como también durante la construcción de la misma.

4.1.2.1 Requerimiento de calles y accesos

Frecuentemente la localización de los puntos de extracción del recurso geotérmico se encuentran en sitios de dificultosa accesibilidad, usualmente lugares donde la única red de acceso son caminos poco utilizados o incluso inexistentes, para ello debe preverse una red de calles apropiadas para el tipo de vehículos, maquinaria y equipo de deberán transportarse para la construcción y funcionamiento de las plataformas y pozos geotérmicos.

Por lo tanto, se debe realizar un plan que contemple el mejoramiento de vías de acceso y esto requerirá la adquisición total o parcial de inmuebles, para el ensanche y adecuación de las vías existentes o la proyección de nuevas vías, y que las mismas sean apropiadas. De igual manera deben considerarse las obras necesarias para el manejo, captación y evacuación de aguas pluviales, los cuales estarán supeditados a los análisis de los estudios hidráulicos realizados en la zona.

Entre las consideraciones elementales a tomar en cuenta para la adaptación de redes viales para un proyecto de plataformas geotérmicas tenemos:

- Tipo de carpeta de rodaje.
- Determinación de pendientes.
- Determinación de radios de giro y súper elevación en curvas.
- Sistema pluvial.

Cada caso particular deberá llevar sus propios estudios, pero en la generalidad deberían procurar cumplir con requerimientos normados básicos. Estos parámetros se ven resumidos en la siguiente tabla:

PARÁMETROS PARA DISEÑO DE CALLES Y ACCESOS.	
DISEÑO GEOMÉTRICO.	Parámetros establecidos según el manual centroamericano SIECA y algunas adaptaciones en base a la experiencia.
BOMBEO. 2.0%-2.5%. No se utilizan bombeos en curvas para evitar volteos.	ANCHOS DE CALLE. 5.0m de rodaje sin considerar canaletas. En las curvas se establece un sobre ancho de 2 a 3 m
RADIO DE GIRO. R _{min} = 22.0m R _{Max} = 60.0m	VELOCIDAD DE DISEÑO. 20 a 30 km/h
PENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • <10% Balastro o balastro cemento con sus respectivos drenajes. • >10% Empedrado fraguado. • >15% Empedrado fraguado o concreto hidráulico. se colocaran muertos a cada 100 m.

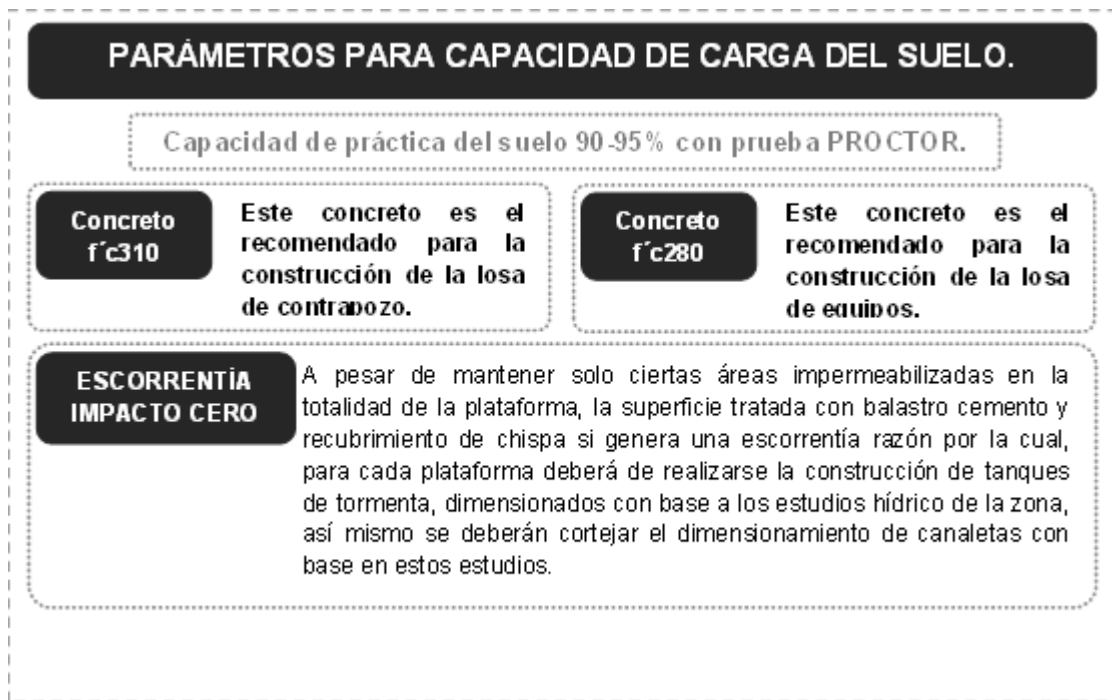
4.1.2.2 Preparación de la plataforma.

Concluidos los estudios geocientíficos que determinan la posición de un pozo, los trámites necesarios para la construcción y la adecuación de las vías de acceso, deben realizarse los trabajos que permitan ejecutar la perforación. Dentro de esta planificación debe tomarse en cuenta las variables que caracterizaran cada plataforma; en este sentido deben lograr coordinarse los requerimientos de cada una de las áreas técnicas involucradas en el desarrollo de una plataforma, así mismo se deben tomar en cuenta las condicionantes que, como en todo proceso constructivo, son determinadas por el sitio donde se realizará la obra.

Los parámetros generales que ayudarán a ordenar el proceso de planificación y desarrollo de la obra civil de una plataforma pueden resumirse en:

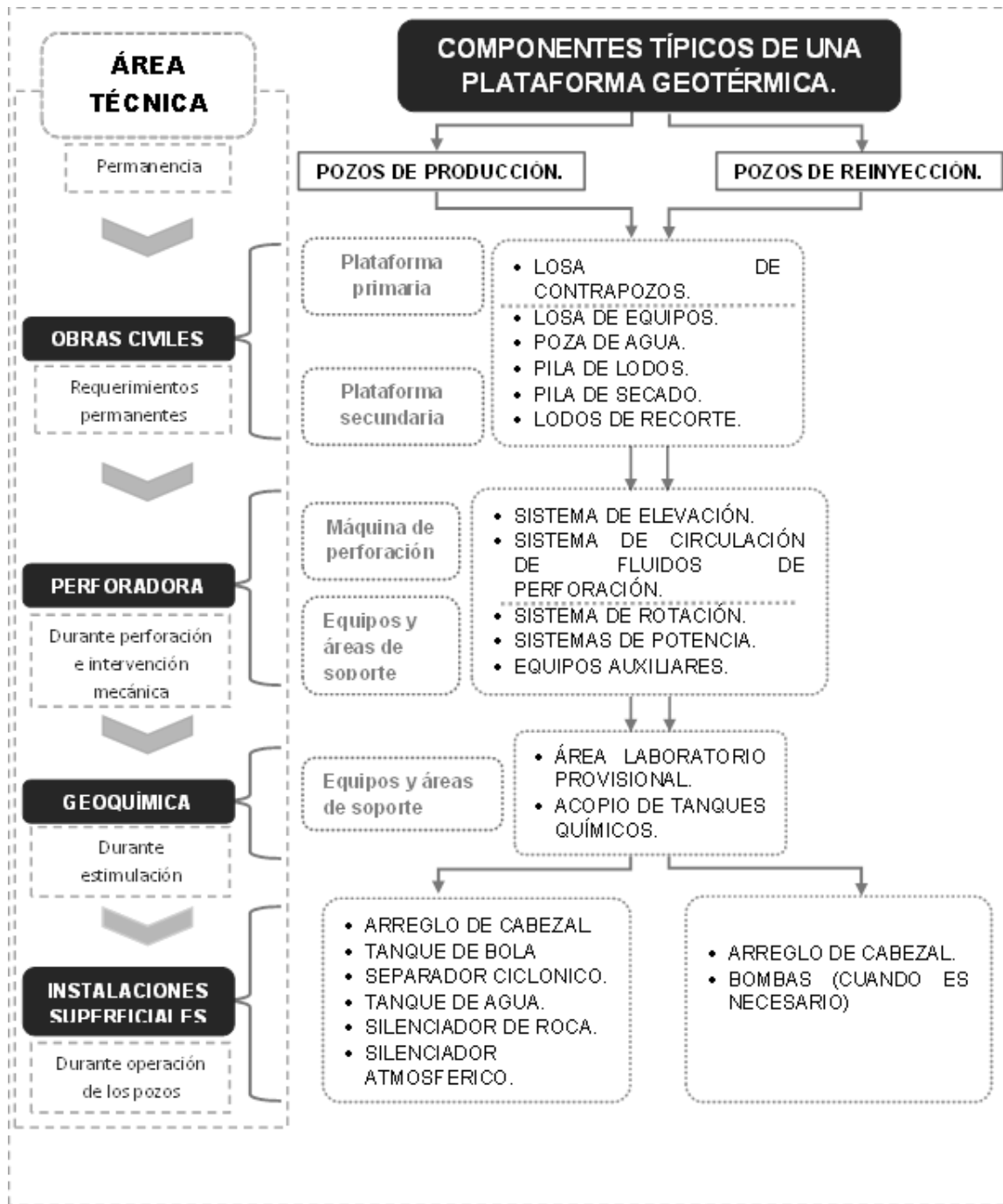
- Influencia de la obra, línea de construcción y áreas protección o de retiro.
- Proporción de corte y relleno en el sitio.
- Capacidad de carga del suelo para las actividades a realizarse.
- Porcentajes de impermeabilización. (escorrentía impacto cero)
- Tratamiento de obras de terracería.

Estas variables deben ser consideradas bajo las condicionantes propias de cada uno de los proyectos, pues algunas de ellas son inherentes de cada sitio mientras otras son determinadas por normativas, sin embargo son influenciadas por la topografía y propiedades del suelo de cada lugar. La recopilación de dichos parámetros se hará en la siguiente tabla:



4.1.3 Componentes de la plataforma.

Habiendo tomado en cuenta los factores que ayudaran a determinar algunas áreas y características que debe cumplir una plataforma, se resumen los componentes y áreas técnicas encargadas en cada una de las etapas de una plataforma, ya sea una plataforma de producción o inyección. Así mismo cabe mencionar que la cantidad o envergadura de dichos componentes está supeditado a la cantidad de pozos en la plataforma y las características de extracción de cada uno de los pozos.



4.2 PROCESO DE DESARROLLO

FORMULARIO DE DESARROLLO DE PLATAFORMAS

ETAPAS		ACTIVIDADES		SUB ACTIVIDADES	
1	Etapa de Construcción de Obras Civiles	Preparación del sitio	Levantamiento topográfico		
			Instalaciones provisionales		
			Transporte de maquinaria e insumos para la construcción		
			Limpieza del sitio		
			Trazo y nivelación		
			Terracería y conformación de taludes y plataformas		
		Adecuación de acceso	Terracería y conformación de taludes, calle y accesos		
			Construcción de calle de concreto hidráulico, empedrado fraguado o balasto compactado.		
			Construcción de obra de paso		
		Construcción de la plataforma	Construcción de drenajes de aguas lluvias en taludes, plataformas y calle		
			Construcción de drenajes de aguas negras, tuberías, fosa séptica, pozo de absorción.		
			Construcción losa de contrapozos y contrapozo(s) y tubería de drenaje de lodos		
			Construcción losa de equipos		
			Construcción losa y tanque de diesel		
Construcción de sistemas de red de tierra					
Construcción poza de agua y cerco de protección					
Construcción pila de lodos y tobogán de lodos, tubería de salida de agua					
Construcción pila de secado					
Construcción pila de lodos de recorte con tobogán de lodos, rampas de acceso y obras relacionadas.					
Construcción de acabado final sellante en plataforma principal.					
Construcción de obras de protección gaviones, cercos, portones caseta de seguridad, tanque de agua potable de consumo.					
2	Etapa de perforación de pozos	Perforación del pozo	Construcción de obras de seguridad industrial, ductos de paso de cables, tuberías de combustible, instalaciones de iluminación y circulaciones de emergencia		
			Transporte de maquinaria de perforación (sub estructura)		
			Maniobra de montaje de superestructura y elevación torre de perforación.		
			Transporte, Maniobra de montaje de instalación del sistema de circulación.		
			Transporte e instalación del sistema de potencia.		
			Transporte e instalación de equipos auxiliares		
			Acopio de materiales		

3	Etapa Instalación de Equipo Electromecánico		Perforación, entubamiento, cementación, presurización, estimulación, limpieza.	
			Evaluación del flujo de producción o reinyección.	
			Desmontaje equipo de perforación y retiro de instalaciones auxiliares y provisionales	
	Etapa Instalación de Equipo Electromecánico	Montaje Electromecánico		Instalaciones provisionales, oficina, talleres, bodega y acopio de materiales.
				Transporte de equipos mecánicos y eléctricos, maquinaria de transporte, elevación y montaje.
				Trazo y nivelación, ubicación de accesorios, pendientes, soportes metálicos y bases de concreto.
				Montaje de tuberías, equipos de separación, equipos de protección, patines, soportes metálicos, accesorios de drenaje, tomas de muestras,
				Aislamiento térmico e impermeabilización,
				Sistemas de control automático de válvulas
				Sistemas de medición de flujo
				Construcción de obras auxiliares, escaleras y plataformas de acceso a válvulas de control, medidores.
				Limpieza del sistema y Pruebas de funcionamiento
			Retiro de maquinaria utilizada para el montaje	
4	Etapa de mantenimiento	Estimulación de pozos	Transporte de tanques con químicos	
			Montaje de instalaciones provisionales	
			Estimulación, presurización y puesta en operación.	
			Desmontaje de instalaciones provisionales y retiro de tanques	
	Etapa de mantenimiento	Intervención mecánica		Transporte de maquinaria de perforación (sub estructura)
				Maniobra de elevación torre de perforación.
				Transporte e instalación del sistema de circulación.
				Transporte e instalación del sistema de potencia.
				Transporte e instalación de equipos auxiliares
				Acopio de materiales
				Intervención mecánica, extracción o limpieza, presurización, estimulación
				Desmontaje equipo de perforación
				Evaluación del flujo de producción o reinyección.
			5	Otras Actividades
Generación residuos sólidos especiales				
Generación de residuos líquidos ordinarios				
Generación de residuos líquidos especiales				

4.2.1 ETAPA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PLATAFORMA DURANTE LA OPERACIÓN DE LOS POZOS.

Una vez concluidas las actividades que constituyen a construcción de la obra civil en la plataforma, la perforación de los pozos, la instalación de los equipos mecánicos y las pruebas de producción, se da por iniciada la extracción del recurso; en el caso de las plataformas que contienen pozos productores. A esta etapa se le denomina etapa de funcionamiento de la plataforma, y es para esta etapa para la cual se deben prever muchas de las consideraciones durante el proceso de diseño de la plataforma, pues la formulación del proyecto deberá de tomar en cuenta las actividades que se realizarán de manera ocasional pero consistentemente a lo largo de la vida útil de la plataforma.

Para evitar la indisponibilidad de extracción del recurso geotérmico por un mal diseño, deben considerarse al menos tres momentos críticos que se dan durante la etapa de funcionamiento de una plataforma geotérmica de múltiples pozos; estos son:

- La perforación de un nuevo pozo.
- La intervención mecánica de un pozo.
- La estimulación química de un pozo.

La importancia de considerar estos eventos durante el diseño inicial de una plataforma geotérmica reside en la influencia que la ejecución de estas actividades pueda tener en los pozos e instalaciones mecánicas ya existentes, y que se encuentren en operación cuando sea necesario realizar dichos procedimientos de manera simultánea. Así mismo para tales situaciones deberá procurarse un plan de acción que tenga el menor impacto en el buen funcionamiento de la plataforma y sus componentes.

A continuación se describe brevemente cada uno de estos eventos y cómo la realización de los mismos podría afectar la productividad de la plataforma:

4.2.1.1 Perforación de un nuevo pozo en una plataforma con múltiples pozos.

El desarrollo total de una plataforma con múltiples pozos es un proceso que puede ser considerado como concluido una vez se haya finalizado la perforación y puesta en operación la totalidad de pozos planificados por los geocientistas para la plataforma, sin embargo este desarrollo suele transcurrir por etapas; por tanto, la posibilidad que se deban realizar perforaciones de pozos en una plataforma mientras uno o más pozos se encuentren en operación es una situación probable y en ciertos casos deseada, en el sentido que un desarrollo paulatino permite la caracterización del campo geotérmico.

En este sentido la planificación previa de estas maniobras son fundamentales en el diseño de la plataforma, pues en ella deben de hacerse las estimaciones necesarias para la disposición espacial de equipos y maquinaria que deberán realizar sus actividades mientras; idealmente, la operación de los pozos no se vea comprometida.

Para ello los aspectos a ser considerados son:

- a) La cantidad de pozos que se realizarán en la plataforma y si estos serán perforados de manera intersticial o secuencialmente.
- b) El o los equipos de perforación con la que se realizará la perforación de cada uno de los pozos.
- c) El espaciamiento entre contrapozos y el arreglo de cabezal. Determinado por el caso más desfavorable según las especificaciones del equipo de perforación a utilizar.

- d) La distribución de las líneas de acarreo en la plataforma primaria, así como también los equipos de separación.
- e) La reactivación efectiva del funcionamiento de pozos y piletas necesarias para la perforación.

4.2.1.2 Intervención mecánica de un pozo en una plataforma con múltiples pozos.

Las intervenciones mecánicas en un pozo pueden deberse a distintas causas, siendo la más frecuente la remoción de material acumulado en las paredes del pozo la cual solo puede solucionarse mediante la intervención de una sarta de perforación. Por tanto para ejecutar esta actividad es necesario la introducción de un equipo de perforación en la plataforma, donde uno o más pozos se encontrarán en operación, además del pozo que será intervenido. Así mismo es de considerar que los equipos auxiliares del equipo de perforación y todos los sistemas necesarios para su funcionamiento deberán de volver a colocarse y esto debería poder llevarse a cabo sin interrumpir la producción de los pozos aledaños.

Los aspectos a considerar son similares a las consideraciones hechas para la perforación de nuevos pozos en una plataforma con múltiples pozos, entre las consideraciones adicionales figuran:

- a) El equipo de perforación utilizado para la intervención mecánica puede ser uno distinto al que fue utilizado para la perforación del pozo. Probablemente este será de menores dimensiones o características.
- b) La intervención mecánica probablemente no necesite una estimulación química, por tanto el espacio utilizado para los tanques esté disponible.
- c) El tiempo de intervención de un pozo es programado, sin embargo en dicha operación pueden presentarse imprevistos, por ejemplo perder cable y tener que pescar una herramienta lo cual implicaría tiempo adicional, por tanto no conviene tener que desconectar otros pozos para poder realizar la intervención a un solo pozo de la plataforma.

4.2.1.3 Estimulación en una plataforma con múltiples pozos.

La estimulación o intervención química consiste en sacar de producción un pozo para solventar problemas relacionados con incrustaciones, cuya consecuencia es obstrucción de la tubería y en algunos casos para mejorar la permeabilidad del pozo. Para esta maniobra el área geoquímica debe utilizar el espacio de la plataforma principal donde colocaran tanques que contienen químicos para la intervención así como también instalaciones provisionales que servirán como laboratorio u oficinas.

Los aspectos considerados son:

- a) Las consideraciones de seguridad con el manejo de químicos debe verse reflejado en obras civiles como canaletas que prevengan derrames e infiltración de químicos en el suelo.
- b) La disposición de los tanques de químicos debe ser inmediatos al pozo a intervenir, por tanto la colocación de los mismos debe ser tomada en cuenta al momento de proyectar los contrapozos y las líneas de acarreo que salen del arreglo de cabezal.

4.2.2 LISTADO DE CRITERIOS DE DISEÑO PARA UNA PLATAFORMA GEOTÉRMICA.

Con base a las observaciones hechas durante el proceso de planificación, construcción y funcionamiento de una plataforma geotérmica se recopilan y proponen un listado de criterios generales para la formulación de un diseño de plataformas geotérmicas.

- Se deberán realizar los estudios que caractericen al sitio. Hidrológico, topográfico, estudio de suelos. Ya que ellos determinaran las condicionantes propias del lugar las cuales influenciaran de manera directa el diseño. Así mismo atender los requerimientos de las instituciones gubernamentales pertinentes.
- Las dimensiones y distribución de losas de equipos y elementos auxiliares dependen del tipo de maquinaria de perforación a utilizar, por lo que se debe programar la disponibilidad de dicha maquinaria, según el programa de perforación.
- Las dimensiones de la estación de separación dependerán de la prueba de producción de los pozos.
- Deberán considerarse los planes de desarrollo de la plataforma con múltiples pozos al momento de tomar la decisión del tipo de instalaciones mecánicas que manejaran los pozos. De esta decisión depende la efectividad de las intervenciones futuras en los pozos de la plataforma

4.3 FORMULARIOS PARA EL DESARROLLO DE PLATAFORMAS.

4.3.1 ÁREA INSTALACIONES SUPERFICIALES

FORMULARIO DE DESARROLLO DE PLATAFORMAS			
INSTALACIONES SUPERFICIALES			
PLATAFORMA: <i>(nombre)</i>	DIRECCION: <i>(referencia de ubicación)</i>		
	X: <i>(coordenada X, longitud)</i>	Y: <i>(coordenada Y, latitud)</i>	
ETAPA:	POZO PRODUCTOR <input type="radio"/>	POZO INYECTOR <input type="radio"/>	
	CANTIDAD:	CANTIDAD:	
ESQUEMA:	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES:		
	EQUIPOS A INSTALAR O INTERVENIR	#	ESTANCIA: DIMENSIONES (HxAxL) m ²
	TANQUE DE BOLA		
	SEPARADOR CICLONICO		
	TANQUE DE AGUA		
	SILENCIADOR DE ROCA		
	SILENCIADOR ATMOSFERICO		
	BOMBAS		
	AREA TOTAL		
ESPECIFICACIONES TECNICAS:			

4.3.2 TABLA AREA PERFORACION

FORMULARIO DE DESARROLLO DE PLATAFORMAS			
PERFORADORA			
PLATAFORMA: (nombre)	DIRECCION: (referencia de ubicación)		
	X: (coordenada X, longitud)	Y: (coordenada Y, latitud)	
ETAPA:	POZO PRODUCTOR <input type="radio"/>	POZO INYECTOR <input type="radio"/>	
	nombre del pozo:	CANTIDAD:	
ESQUEMA:	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES:		
	equipo de perforacion: (nombre)	#	ESTANCIA: DIMENSIONES (HxAxL) m ²
	PERFORACION		
	BOMBA DE LODO		
	TANQUES DE LODO		
	SEPARACION		
	ENFRIAMIENTO		
	SISTEMA DE POTENCIA		
	EQUIPOS AXILIARES		
	AREA TOTAL		
ESPECIFICACIONES TECNICAS:			

4.3.3 TABLA AREA GEOQUÍMICA

FORMULARIO DE DESARROLLO DE PLATAFORMAS GEOQUIMICA				
PLATAFORMA: <i>(nombre)</i>	DIRECCION: <i>(referencia de ubicación)</i>			
	X: <i>(coordenada X, longitud)</i>	Y: <i>(coordenada Y, latitud)</i>		
ETAPA:	POZO PRODUCTOR <input type="radio"/>	POZO INYECTOR <input type="radio"/>		
	nombre del pozo::	CANTIDAD:		
ESQUEMA:	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES:			
	EQUIPOS A INSTALAR O INTERVENIR	#	ESTANCIA:	
			DIMENSIONES (HxAxL)	m ²
	TANQUES DE QUIMICOS			
	AREA AUXILIAR			
	AREA TOTAL			
ESPECIFICACIONES TECNICAS:				

4.3.4 TABLA ÁREA OBRA CIVIL

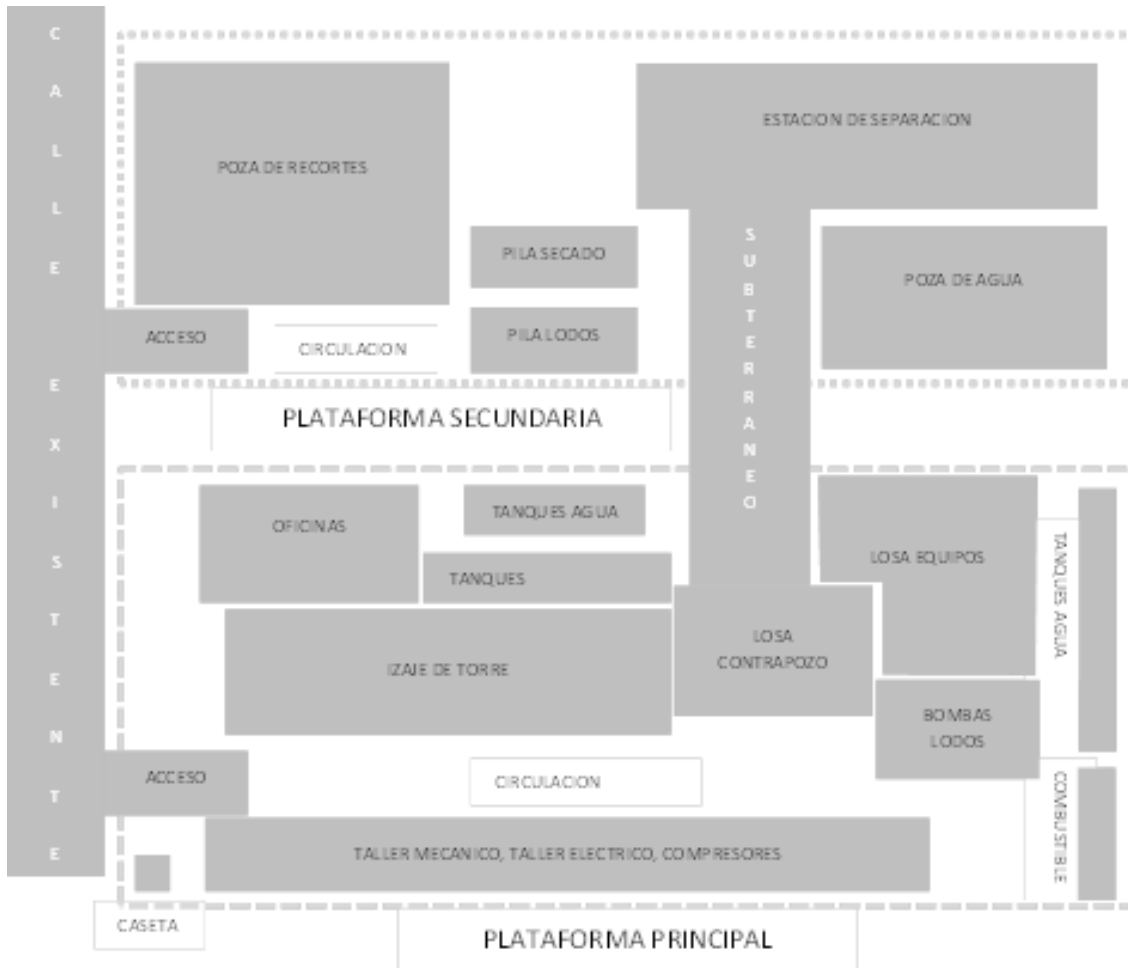


Figura X Esquema Tradicional Distribución de Áreas de Plataforma Geotérmica

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- El diseño de plataformas geotérmicas, tanto para pozos de producción o inyección, implica sintetizar y coordinar las necesidades de diferentes áreas técnicas, las cuales en las diferentes etapas del proceso del desarrollo aporta su conocimiento específico tras un objetivo común.
- El proceso de diseño de plataformas geotérmicas en El Salvador, se ha dado de manera no convencional, sino más bien como resultado de la experiencia adquirida a través de los años, con lo cual se hace necesario generar una guía metodológica que reúna todas esas experiencias y aplicarlas en los proyectos nuevos.
- El diseño de una plataforma geotérmica esta intrínsecamente relacionada con los estudios geocientíficos, con la perforación y con las instalaciones mecánicas de separación y acarreo de fluidos; lo cual conlleva a conocer las necesidades de esas áreas de estudio para proyectar una plataforma geotérmica.
- De acuerdo con la investigación realizada, no se puede definir un solo parámetro de dimensionamiento de una plataforma geotérmica, y su tamaño final estará determinado por los diferentes requerimientos de espacio de los equipos por ser instalados en dicho lugar durante las distintas etapas de funcionamiento de la planta durante la vida útil de la misma.
- Los lineamientos definidos por las instituciones gubernamentales para resguardar las condiciones ambientales y sociales del entorno al proyecto han generado que, previo a su desarrollo se elaboren estudios detallados del impacto y su correspondiente mitigación, lo que resulta en una nueva necesidad de espacio que se adapte a las condiciones del entorno y cumpla con las regulaciones establecidas por las instituciones antes citadas.
- Contar con información de diseño de proyectos anteriores facilita la evaluación de propuestas de mejora en la proyección de nuevas plataformas.
- En el diseño de una plataforma es imperativo tomar en cuenta la opinión de los usuarios finales en las diferentes etapas desde su ubicación y perforación, hasta la instalación de equipo para aprovechamiento y mantenimiento de los mismos.

5.2 RECOMENDACIONES

- El presente documento debe ser tomado como una propuesta de sistematización que busca llegar a una estandarización de las dimensiones de plataformas para aprovechamiento geotérmico. Lo anterior solo puede ser posible mediante el análisis objetivo de la documentación existente sobre proyecto similar. Dicha información deberá ser verificada en campo. por lo que una recomendación es continuar con el desarrollo de esta guía involucrando a los interesados y/o usuarios finales con lo cual también se logrará uniformizar el conocimiento.
- Los requerimientos establecidos por cada una de las instituciones gubernamentales en cada etapa de funcionamiento para obtener los permisos, autorizaciones o aval del proyecto, deben ser parte de un manual a seguir por los directores, diseñadores y dibujantes del proyecto.
- Las dimensiones de cada parte de la plataforma pueden variar en base según el área que la interviene, en el caso de Perforación: El tipo de equipo a utilizar, sus dimensiones propias, forma de funcionamiento y dimensiones de equipos auxiliares. El diseño del contrapozo: al ser más profundo permite reducir las distancias entre ellos, caso contrario, al sobresalir sobre el nivel de la plataforma es necesario alejarlos más para facilitar el desplazamiento equipo. Las características del flujo del pozo determinaran la capacidad de los equipos de separación, por ende sus dimensiones, que pueden variar según fabricante, etc. Por lo que es necesario que siempre exista una comunicación entre los especialistas de cada área.

6 AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestros maestros del Diplomado en Geotermia para América Latina edición 2016 por compartir su tiempo en enriquecer nuestro conocimiento. A los compañeros de LaGeo en las distintas áreas técnicas del desarrollo geotérmico en El Salvador por compartir su experiencia técnica, la cual es invaluable.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Escobar, Rosa. 2008: Main Considerations in the Design of a Geothermal Drilling Platform for El Salvador, C.A., Geothermal Training Programme, Orkustofnun, Grensasvegur 9, IS-108 Reykjavik, Iceland.
2. González S. Raquel. 2015: Diseño estructural y modelaje de líneas de transmisión de fluidos geotérmicos. Programa Regional de Entrenamiento Geotérmico, Diplomado de Especialización en Geotermia.
3. Alberto L., Maldonado C., Orellana M., Tenelanda E., 2015: Propuesta de Diseño para la Perforación de Pozos Exploratorios Programa Regional de Entrenamiento Geotérmico, Diplomado de Especialización en Geotermia.
4. J. Perez Graphics & Design, 2007: *3D figures*. Tidal Petroleum, webpage: www.tidalpetroleum.com.
5. Polío, Juan. 2016: Modulo VI Perforación Geotérmica, Equipo de Perforación y sus Componentes Principales.
6. Polío, Juan. 2016: Modulo VI Perforación Geotérmica, Equipo de Perforación y sus Componentes Principales.
7. Mayorga, Herbert. 2016: Modulo VI Perforación Geotérmica, Aspectos Económicos.

8 ANEXOS.

FICHA DE ENTREVISTA		
AREA: OBRAS CIVILES		
No.	PREGUNTA	RESPUESTA
1	¿Cómo se define la ubicación de una plataforma de perforación en un campo geotérmico?	Por los estudios geomorfológicos, estudios de resonancia magnética y química de reservorios. Se considera secundariamente aspectos topográficos y de drenaje superficiales
2	¿Durante la proyección de una plataforma de perforación, que componentes se vuelven necesarios para cumplir con los requerimientos de perforación?	Lograr el requerimiento mínimo de área para la distribución conveniente del equipo de perforación, garantizando la logística y funcionamiento de los procesos de perforación. Además garantizar el manejo de lodos de perforación con la construcción de piletas y tanques.
3	¿Existe diferencia en el diseño de una plataforma para pozos de producción y una plataforma para reinyección?	Considerando el alcance y proyección del pozo, la distribución de equipos superficiales es la que condiciona las dimensiones de la plataforma. Si la condición fuera producción, la plataforma tendría dimensiones mayores para la distribución de los equipos de separación y control. No existe diferencia desde el punto de vista civil, son los mismos requerimientos por parte de la perforadora
4	¿Ha existido cambios en los componentes de una plataforma de perforación desde las primeras plataformas construidas y los diseños actuales?	Si. Antes en los años 80 se perforaba con equipos más pequeños puesto que los reservorios eran más someros, los pozos no superaban los 1000 metros. Las dimensiones eran más pequeñas, las piletas de lodos se recubrían con arcilla y las pruebas iniciales de producción se realizaban con estructuras físicas más artesanales, no se ocupaban muchos equipos que hoy son indispensables.
5	¿Cuáles son las experiencias que se han tenido en el diseño y construcción de una plataforma de perforación en función de las necesidades de perforación?	Siempre ha sido un requerimiento indispensable la necesidad de construir estructuras para el manejo de los lodos de perforación y su disposición final. Construir caminos adecuados para lograr la logística del proceso de perforación del pozo.
6	¿Se debería de considerar algún otro componente civil en el diseño de una plataforma de perforación?	Actualmente la construcción de las plataformas se realiza con dimensiones bastante amplias, aunque con todos sus espacios requeridos para garantizar los procesos constructivos en general, pero se podrían y deberían de minimizar los espacios para albergar personal, talleres de campo, bodegas provisionales y otros, con la alternativa de ocupar espacios aéreos, estructuras en segunda planta.
7	¿Cómo se define las dimensiones de una plataforma de perforación?	Según el equipo destinado para la perforación del pozo, así será su layout técnico. También depende de la cantidad de pozos a perforar
8	¿Cómo se determina la capacidad de la pila de lodos, pila de secado, poza de agua y poza de lodos de recortes?	En base a la proyección del perfil del pozo, profundidad, características del reservorio, tubería de la estructura, química del pozo y otros requerimientos puntuales del área ambiental
9	¿Cómo se define la diferencia de nivel entre una plataforma principal y una secundaria?	La condición puntual es garantizar el movimiento de los lodos de perforación por gravedad hacia el área de disposición y manejo. Además optimizar convenientemente la topografía, compensando la terracería. No existe una referencia numérica específica por cumplir.
10	¿Cuál es el rol de Obras Civiles posterior a la perforación y conexión de un pozo productor?	Realizar los mantenimientos generales en las estructuras construidas inicialmente para la perforación de los pozos, conducción de los flujos geotérmicos, y conexiones finales a la Planta Geotérmica.

FICHA DE ENTREVISTA		
AREA: INSTALACIONES SUPERFICIALES		
No.	PREGUNTA	RESPUESTA
1	¿Cuál es el rol de Instalaciones Superficiales durante un proceso de perforación de un pozo geotérmico?	Durante el proceso, las actividades realizadas son nulas, posteriormente se interviene con el diseño y montaje de las instalaciones provisionales para realizar pruebas de producción.
2	¿Qué tipo de equipos y en que momento instalan en una plataforma de perforación?	Principalmente, una vez se ha evaluado el pozo, el equipo a instalar es el siguiente: Estación de separación (separador, tanque para agua y tanque de bola), silenciador atmosférico y rock muffler (éste en nuevos diseños de plataformas). Todo lo anterior conectado mediante una red de tubería de diferente diámetro. Adicionalmente también se agrega canalización del agua. Cabe mencionar que todos los equipos antes citados pueden estar conectados a más de un pozo.
3	¿Requieren áreas específicas para el montaje de equipos, materiales y herramientas?	Si, generalmente alejada de la plataforma de producción. Estas áreas deberán ser consideradas durante el diseño de la plataforma.
4	¿Instalan los mismos equipos en una plataforma de producción y en una para reinyección?	no, una plataforma de reinyección, generalmente, lleva menos equipos, principalmente es la tubería para acarreo, filtros, piletas.
5	¿Cuál es el rol de Instalaciones Superficiales posterior a la perforación de un pozo geotérmico?	Montaje de equipos como los indicados en el numeral 2, cuya proyección se hizo durante la fase de diseño de la plataforma.
6	¿Podría brindar alguna sugerencia a tomar en consideración para el diseño de una plataforma de perforación?	Hacer un mejor ejercicio de planificación (ingeniería y planta) y coordinación más efectiva de los usos a lo largo de la vida útil de la plataforma.

FICHA DE ENTREVISTA		
AREA: GEOQUIMICA		
No.	PREGUNTA	RESPUESTA
1	¿Cuál es el rol de la geoquímica durante un proceso de perforación de un pozo geotérmico?	Durante el proceso de perforación, la Geoquímica debe estar atenta a cualquier emanación gaseosa y a la química de los lodos de perforación, especialmente al comportamiento del pozo en las últimas etapas de construcción. Luego, el mayor peso de la Geoquímica es durante las pruebas de producción, a fin de conocer la línea base de la química del pozo.
2	¿Requieren áreas específicas para realizar su actividad?	Durante el proceso de perforación, el personal de Geoquímica no requiere áreas específicas adicionales al diseño normal de una plataforma, si no más que todo la habilitación de puntos de muestreo para el monitoreo de los fluidos. No obstante, para los trabajos de estimulación química se requiere un área considerable para tanques, equipos, herramientas y productos químicos.
3	¿Qué tipo de intervenciones realizan?	Apoyo en operaciones de estimulación química del pozo. Control químico de aguas almacenadas en piletas. Estudios sobre inhibición de incrustaciones.
4	¿Qué tipo de equipos, materiales y herramientas utilizan para una intervención química?	Equipos: Sistemas de bombeo (tanto para agua fresca como para mezclas ácidas), Tanques (para almacenamiento de agua y de ácidos), Compresor, Montacarga, andamios, cánopis, equipo de seguridad industrial. MATERIALES: Mangueras (para agua, ácidos, de alta presión), Productos ácidos, Aditivos inhibidores, productos neutralizantes. HERRAMIENTAS: Contenedor bodega de 12 pies, Manifold para conexión con tanques de ácidos, agitadores, etc.
5	¿Cuál es el rol de la geoquímica posterior a la perforación y conexión de un pozo geotérmico?	Realizar monitoreo químico durante todas las aperturas del pozo, a fin de establecer la línea base de la química del fluido. Realizar muestreos frecuentes para evaluar la evolución química del pozo y prever posibles problemas que puede provocar al entrar en el sistema de generación de la planta.

FICHA DE ENTREVISTA		
AREA: PERFORADORA		
No.	PREGUNTA	RESPUESTA
1	¿Cómo se realiza la movilización de los equipos de perforación y como se almacenan los materiales y herramientas para iniciar el proceso de perforación de un pozo?	La movilización de los materiales y equipos de perforación se realiza por etapas en función de los requerimientos que se van presentando en el proceso, por lo cual la necesidad de almacenar materiales se limita al almacenamiento de la tubería de perforación
2	¿Qué espacios y elementos se requiere para el desarrollo de un proceso de perforación?	Se requieren áreas de bodega, áreas de oficinas, pila de agua, pila de lodos de perforación, pila de secado de lodos, poza de recortes de lodo.
3	¿Cuál es el equipo de perforación y sus componentes ?	Un equipo de perforación se divide en cinco grandes componentes: 1. Sistema de Rotación, 2. Sistema de Circulación, 3. Sistema de rotación, 4. Sistema de potencia, 5. Equipos auxiliares
4	¿Ha existido algún inconveniente en relación a los espacios de una plataforma de perforación al momento de instalar el equipo de perforación y durante la perforación?	En las primeras plataformas que se proyectaron en el Campo Geotérmico Ahuachapán debido a que no se tenía mucha experiencia se improvisaron algunos aspectos que posteriormente traerían algunos inconvenientes para el proceso de perforación; sin embargo, se solucionaron en el camino. De manera general durante la experiencia que se tiene se han podido encontrar algunos inconvenientes con accesos por las pendientes con que se diseñan.
5	¿Ha habido cambios en relación a los componentes de un equipo de perforación durante los años que tiene la perforadora?	Básicamente los componentes se han mantenido, solo ha habido algunos ajustes en algunos componentes por el desgaste.
6	¿Se debería de considerar algún otro componente de perforación en el diseño de una plataforma?	Se podría considerar en el diseño una terraza para el equipo de separación fuera de la plataforma principal, para cuando haya una intervención no interfiera con los equipos de perforación.
7	¿Influye el tipo de equipo de perforación para determinar las áreas de una plataforma?	Si influye, por ejemplo con el equipo Thermasource la descarga de los lodos se realiza al lado contrario que de los demás equipos, lo que conlleva a un cambio en la ubicación de las pilas o a buscar alternativas de tratamiento de los lodos durante el proceso de perforación. Además las dimensiones de cada equipo varían sobre todo en la torre de perforación.
8	¿Se realiza el mismo proceso para un pozo productor y un pozo para reinyección?	Se realiza el mismo proceso
9	¿Qué componentes de un equipo de perforación se requiere para una intervención de un pozo?	De manera general son los mismos equipos, los cambios más significativos podrían ser: Se reducen los diámetros de tubería y la preparación de lodos es menor por lo cual se podría usar tanques prefabricados.
10	¿Cuál es el rol de la perforadora posterior a la perforación y conexión de un pozo productor?	Dependiendo del éxito del pozo perforado se podría a largo plazo seguir perforando nuevos pozos en la misma plataforma, eventualmente habrá necesidad de intervención por alguna incrustación de un pozo productor o reinyector