

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS
GEOTÉRMICOS

HARMAN GUIDO SEQUEIRA

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE
PROYECTOS

San José, Costa Rica

Mayo 2021

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
requisito parcial para optar al grado de Máster en Administración de Proyectos

James Pérez Céspedes
PROFESOR TUTOR

Álvaro Mata Leitón
LECTOR No.1

Adolfo Castillo Bolaños
LECTOR No.2

Harman Guido Sequeira
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A mi familia, por el apoyo y la paciencia que siempre han tenido al invertir tanto tiempo a esta importante maestría.

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primer lugar, por todo el apoyo y fortaleza para lograr superar los retos que se presentaron durante el desarrollo de la Maestría. A todas las personas que de una forma u otra siempre estuvieron dispuestas a apoyarme y orientarme para lograr este importante objetivo.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Problemática.....	4
1.3	Justificación del proyecto.....	5
1.4	Objetivo general.....	6
1.5	Objetivos específicos.....	7
2.	MARCO TEÓRICO.....	9
2.1	Marco institucional.....	9
2.1.1	Antecedentes de la institución.....	10
2.1.2	Misión y visión.....	13
2.1.2.1	Misión.....	13
2.1.2.2	Visión.....	14
2.1.3	Estructura organizativa.....	14
2.1.4	Productos que ofrece.....	17
2.2	Teoría de Administración de Proyectos.....	17
2.2.1	Proyecto.....	18
2.2.2	Administración de Proyectos.....	19
2.2.3	Ciclo de vida de un proyecto.....	24
2.2.4	Procesos en la Administración de Proyectos.....	26
2.2.5	Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos.....	27
2.3	Perforación de pozos geotérmicos.....	29
2.3.1	Energía geotérmica.....	30
2.3.2	Pozos geotérmicos.....	33
2.3.3	Perforación (construcción) de pozos geotérmicos.....	36
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	43
3.1	Fuentes de información.....	43
3.1.1	Fuentes primarias.....	44
3.1.2	Fuentes secundarias.....	44
3.2	Métodos de Investigación.....	49
3.2.1	Método de análisis y síntesis.....	50
3.2.2	Métodos inductivo y deductivo.....	51
3.2.3	Método comparativo.....	52
3.3	Herramientas.....	56

3.4	Supuestos y restricciones	64
3.5	Entregables	68
4.	DESARROLLO	71
4.1	Plan de Gestión de la Integración	71
4.1.1	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	72
4.1.2	Desarrollar el plan para la dirección del proyecto.....	73
4.1.3	Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto	74
4.1.3.1	Entregables y datos de desempeño del trabajo del proyecto	75
4.1.3.2	Gestión de los incidentes del proyecto.....	76
4.1.4	Gestionar el conocimiento del proyecto	79
4.1.5	Monitorear y controlar el trabajo del proyecto.	80
4.1.6	Realizar el control integrado de cambios	81
4.1.7	Cerrar el proyecto o fase	82
4.2	Plan de Gestión del Alcance	84
4.2.1	Descripción del alcance	85
4.2.2	Plan de Gestión de Requisitos.....	86
4.2.2.1	Requisitos.....	86
4.2.3	Enunciado del alcance.....	90
4.2.3.1	Entregables y criterios de aceptación	90
4.2.3.2	Exclusiones del proyecto	91
4.2.4	EDT del proyecto	92
4.2.5	Validación del alcance	96
4.2.6	Controlar el alcance.....	98
4.3	Plan de Gestión del Cronograma.....	99
4.3.1	Definir y secuenciar las actividades	100
4.3.2	Estimar la duración de las actividades.....	102
4.3.3	Desarrollar el cronograma	105
4.3.4	Controlar el cronograma	108
4.4	Plan de Gestión de Costos	108
4.4.1	Estimar los costos.....	110
4.4.2	Determinar el presupuesto.....	112
4.4.3	Controlar los costos	113
4.5	Plan de Gestión de la Calidad.....	115
4.5.1	Planificar la gestión de la calidad.....	116
4.5.2	Gestionar y controlar la calidad.....	119
4.6	Plan de Gestión de los Recursos.....	121
4.6.1	Planificar la gestión de los recursos.....	122
4.6.2	Estimar los recursos	130
4.6.3	Adquirir los recursos	133
4.6.4	Desarrollar el equipo.....	134
4.6.5	Dirigir el equipo.....	134
4.6.6	Controlar los recursos.....	135

4.7	Plan de Gestión de las Comunicaciones.....	136
4.7.1	Planificar la gestión de las comunicaciones	137
4.7.1.1	Roles en la comunicación del proyecto	137
4.7.2	Gestionar las comunicaciones	138
4.7.3	Monitorear las comunicaciones.....	140
4.8	Plan de Gestión de Riesgos.....	140
4.8.1	Planificación de la gestión de riesgos	142
4.8.2	Identificación de los riesgos	145
4.8.3	Análisis cualitativo de los riesgos.....	148
4.8.4	Planificación de la respuesta a los riesgos.....	150
4.8.5	Monitoreo de riesgos	156
4.9	Plan de Gestión de las Adquisiciones	157
4.9.1	Planificación de la gestión de las adquisiciones.....	158
4.9.2	Efectuar las adquisiciones	163
4.9.3	Control de las adquisiciones	163
4.10	Plan de Gestión de los Interesados.....	165
4.10.1	Identificación de los interesados	166
4.10.2	Planificación y gestión del involucramiento de los interesados	169
4.10.3	Monitoreo del involucramiento de los interesados.....	171
5.	CONCLUSIONES	173
6.	RECOMENDACIONES.....	177
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	180
8.	ANEXOS.....	186
8.1	Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG.....	187
8.2	Anexo 2: EDT del PFG	195
8.3	Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG	196
8.4	Anexo 4: ACTA (CHÁRTER) DEL PROYECTO	198

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Proyecciones de instalación de plantas por fuente</i>	11
Figura 2	<i>Capacidad instalada por fuente 2019</i>	12
Figura 3	<i>Generación por fuente 2019</i>	12
Figura 4	<i>Línea de tiempo de la puesta en marcha de plantas geotérmicas</i>	13
Figura 5	<i>Estructura Organizativa del Grupo ICE</i>	15
Figura 6	<i>Estructura Organizativa del Centro de Servicio Recursos Geotérmicos</i>	16
Figura 7	<i>Metodologías para la Dirección de Proyectos</i>	22
Figura 8	<i>Ciclo de vida de un proyecto</i>	25
Figura 9	<i>Interacciones entre grupos de procesos de la administración de proyectos</i>	27
Figura 10	<i>Esquema de un campo geotérmico</i>	31
Figura 11	<i>Esquema de explotación del recurso geotérmico</i>	32
Figura 12	<i>Acabado típico de un pozo geotérmico</i>	34
Figura 13	<i>Acabado típico de un pozo geotérmico vertical y direccional</i>	35
Figura 14	<i>Torre de perforación y elementos auxiliares</i>	36
Figura 15	<i>Torre de perforación y elementos auxiliares</i>	37
Figura 16	<i>Mesa rotaria</i>	38
Figura 17	<i>Sistema de circulación, sin torre de enfriamiento</i>	39
Figura 18	<i>Sistema de elevación y elementos auxiliares</i>	40
Figura 19	<i>Sistema de preventores</i>	40
Figura 20	<i>Plantilla para el registro de incidentes del proyecto</i>	77
Figura 21	<i>Matriz para la clasificación de incidentes</i>	78
Figura 22	<i>Resumen del proceso para la gestión de incidentes</i>	79
Figura 23	<i>Plantilla para el registro de lecciones aprendidas</i>	80
Figura 24	<i>Plantilla para el control del proceso dirigir y controlar el trabajo del proyecto</i>	81
Figura 25	<i>Plantilla para el Control Integrado de Cambios</i>	82
Figura 26	<i>Plantilla para el Control del cierre del proyecto</i>	83
Figura 27	<i>EDT Proyecto de Perforación de Pozos Geotérmicos</i>	92
Figura 28	<i>Acta de aceptación del entregable</i>	97
Figura 29	<i>Gráfico de control del avance</i>	97
Figura 30	<i>Cronograma del proyecto</i>	106
Figura 31	<i>Gráfico de control del costo del proyecto</i>	114
Figura 32	<i>Gráfica de control de valor ganado</i>	115
Figura 33	<i>Estructura de desglose de recursos</i>	123
Figura 34	<i>Organigrama del proyecto</i>	124
Figura 35	<i>Estructura de desglose de riesgos del proyecto</i>	143

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	<i>Hitos de la evolución de la teoría de proyectos</i>	21
Tabla 2	<i>Grupos de procesos de la administración de proyectos</i>	26
Tabla 3	<i>Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos</i>	28
Tabla 4	<i>Fuentes de Información Utilizadas</i>	45
Tabla 5	<i>Métodos de Investigación Utilizados</i>	53
Tabla 6	<i>Métodos de Investigación Utilizados</i>	53
Tabla 7	<i>Herramientas y técnicas para la Dirección de Proyectos</i>	57
Tabla 8	<i>Herramientas Utilizadas</i>	61
Tabla 9	<i>Supuestos y restricciones</i>	65
Tabla 10	<i>Entregables del proyecto</i>	68
Tabla 11	<i>Procesos de la gestión de la integración del proyecto</i>	71
Tabla 12	<i>Componentes del plan para la dirección del proyecto</i>	73
Tabla 13	<i>Datos de desempeño del trabajo del proyecto</i>	75
Tabla 14	<i>Plan de gestión del alcance del proyecto</i>	84
Tabla 15	<i>Matriz de trazabilidad de Requisitos</i>	88
Tabla 16	<i>Entregables y criterios de aceptación</i>	91
Tabla 17	<i>Diccionario de la EDT del proyecto</i>	93
Tabla 18	<i>Validación del alcance del proyecto</i>	96
Tabla 19	<i>Control del alcance del proyecto</i>	98
Tabla 20	<i>Plan de gestión del cronograma del proyecto</i>	99
Tabla 21	<i>Identificación y secuencia de las actividades del proyecto</i>	100
Tabla 22	<i>Duración de las actividades del proyecto</i>	103
Tabla 23	<i>Plan de gestión del costo del proyecto</i>	109
Tabla 24	<i>Estimación de los costos del proyecto</i>	110
Tabla 25	<i>Estimación de los costos del proyecto</i>	113
Tabla 26	<i>Cuentas de control de los costos del proyecto</i>	114
Tabla 27	<i>Plan de gestión de la calidad del proyecto</i>	116
Tabla 28	<i>Línea base de calidad del proyecto</i>	117
Tabla 29	<i>Responsabilidades en relación con la calidad del proyecto</i>	118
Tabla 30	<i>Actividades de Gestión y Control de Calidad</i>	120
Tabla 31	<i>Plan de gestión de los recursos del proyecto</i>	121
Tabla 32	<i>Roles, responsabilidades y competencias</i>	124
Tabla 33	<i>Matriz de asignación de responsabilidades del proyecto</i>	127
Tabla 34	<i>Tabla de recursos del proyecto</i>	130
Tabla 35	<i>Plan de gestión de las comunicaciones del proyecto</i>	136
Tabla 36	<i>Mecanismos de comunicación para el proyecto</i>	138
Tabla 37	<i>Matriz de comunicaciones del proyecto</i>	139
Tabla 38	<i>Plan de gestión de riesgos del proyecto</i>	141
Tabla 39	<i>Escala de valoración del impacto del riesgo</i>	144
Tabla 40	<i>Marcador de riesgo para un riesgo negativo específico (P x I)</i>	144
Tabla 41	<i>Marcador de riesgo para un riesgo positivo específico (P x I)</i>	144
Tabla 42	<i>Identificación de los riesgos del proyecto</i>	145
Tabla 43	<i>Valoración y priorización de los riesgos del proyecto</i>	148
Tabla 44	<i>Respuesta a los riesgos del proyecto</i>	150
Tabla 45	<i>Plan de gestión de las adquisiciones del proyecto</i>	158
Tabla 46	<i>Programa de compras y contrataciones del proyecto</i>	159

Tabla 47	<i>Seguimiento del plan de adquisiciones del proyecto</i>	164
Tabla 48	<i>Seguimiento de los procesos adjudicados y con orden de compra.</i>	165
Tabla 49	<i>Plan de Gestión de los interesados</i>	165
Tabla 50	<i>Matriz de identificación de interesados</i>	166
Tabla 51	<i>Matriz de clasificación de interesados (poder/Interés)</i>	168
Tabla 52	<i>Plan para gestionar el involucramiento de los interesados</i>	169
Tabla 53	<i>Monitoreo de los interesados</i>	171

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BOPs	Blowout Preventer (Preventor de reventones)
CENCE	Centro Nacional de Control de Energía
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
CSRG	Centro de Servicio Recursos Geotérmicos
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo
EGEC	European Geothermal Energy Council
EGS	Enhanced Geothermal Systems (Sistemas geotérmicos mejorados)
IADC	International Association of Drilling Contractors (Asociación Internacional de Contratistas de Perforación)
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IPMA	International Project Management Association (Asociación Internacional para la Dirección de Proyectos)
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)
RACSA	Radiográfica Costarricense
P2M	Project and Program management (Dirección de proyectos y programas)
PEG	Plan de Expansión de la Generación
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PERT	Program Evaluation and Review Techniques (Técnica de Revisión y Evaluación de Programas)
PFG	Proyecto Final de graduación

PMAJ	Project Management Association of Japan (Asociación de Dirección de Proyectos de Japón)
PMBOK	Project Management Book of Knowledge (Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos)
PMI	Project Management Institute (Instituto para la Dirección de Proyectos)
SG	Seminario de Graduación
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
UCI	Universidad para la Cooperación Internacional

RESUMEN EJECUTIVO

La energía geotérmica, por sus características es una de las fuentes de generación de electricidad estratégica para Costa Rica. El desarrollo de los Recursos Geotérmicos en el país está a cargo del Centro de Servicio Recursos Geotérmicos del ICE. Parte fundamental de estos desarrollos es la perforación, la cual consiste en las actividades necesarias para conectar el reservorio geotérmico con la superficie a través de un pozo geotérmico.

El inicio de la historia de perforación en Costa Rica se da en 1979 con el apoyo de compañías extranjeras, proceso en el cual, los ingenieros y técnicos contratados por el ICE, lograron adquirir el conocimiento necesario por lo que el ICE decide asumir el proceso de perforación con recursos propios. Con el transcurrir de los años, los profesionales y técnicos adquieren la experiencia suficiente y se tomó la decisión de asumir el proceso completo, es decir que se realiza el proceso de perforación y todos los servicios complementarios.

La perforación es un proceso altamente complejo y su variabilidad hace que se deba trabajar con los datos promedio de los resultados acumulados a lo largo de varias perforaciones como insumo para definir los materiales y estimar los tiempos de las actividades. Lo anterior, aunado a que las actividades de perforación representan del 30% al 50% del costo de un proyecto de energía geotérmica y hasta el 70% en los sistemas geotérmicos mejorados, hace necesario definir formas optimizadas de gestión obligando a establecer métodos de control que permitan monitorear los indicadores del proyecto e ir ajustando las proyecciones de las duraciones y costos según la realidad del medio que se está perforando, por lo que surge la necesidad de elaborar un Plan de Gestión para la Perforación de Pozos Geotérmicos que permita desarrollar los proyectos de manera eficaz y eficiente, aplicando las mejores prácticas de la administración de proyectos según el PMI.

El objetivo general planteado para el proyecto fue elaborar la propuesta de un plan de gestión del proyecto para la construcción de pozos geotérmicos, que pueda ser utilizado como modelo para mejorar la planificación, el control, el cierre y el desempeño de las actividades de perforación. Adicionalmente se plantearon como objetivos específicos: crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación en el proyecto, elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito, crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del proyecto de forma exitosa, desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales, establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al cumplimiento de los requisitos establecidos, elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto, desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto, establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto, elaborar un plan de gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto, y finalmente crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.

La metodología utilizada para la presente investigación incluyó una combinación de los métodos de análisis - síntesis, inductivo – deductivo y comparativo. En general el método de análisis - síntesis se empleó para realizar un análisis de la globalidad del proyecto, sus entregables, procesos, procedimientos utilizados, sus requerimientos, etc. y con base en el análisis se establecieron las estrategias para proponer y elaborar los diferentes entregables. Se utilizó el método deductivo para definir las acciones necesarias para plantear estrategias específicas a partir de la generalidad del proyecto y el inductivo para atacar la globalidad a partir del estudio de las condiciones específicas que fueron observadas. Finalmente se utilizó el método comparativo para revisar y comparar las metodologías y procesos existentes, con las propuestas del PMI y ajustar los entregables de acuerdo con las mejores prácticas internacionales.

Como parte del proyecto y utilizando las mejores prácticas recomendadas por el PMI en la Guía del PMBOK (PMI, 2017) , se desarrolló el Plan de Gestión del proyecto dentro del cual se incluyen; el plan de gestión de la integración, el plan de gestión del alcance, el plan de gestión del cronograma, el plan de gestión de costos, el plan de gestión de la calidad, el plan de gestión de los recursos, el plan de gestión de comunicación, el plan de gestión de riesgos del proyecto, el plan de gestión de adquisiciones y el plan de gestión de los interesados, con los cuales se brinda una herramienta de gestión para administrar las diferentes variables del proyecto.

Como conclusión general se obtiene que el plan de gestión del proyecto para la construcción de pozos geotérmicos es una herramienta basada en las mejores prácticas internacionales recomendadas por el PMI lo que permitirá al Director de Proyectos, realizar la adecuada gestión de; la integración, el alcance, el cronograma, los costos, la calidad, los recursos, la comunicación, los riesgos, las adquisiciones y los interesados del proyecto, incrementando las probabilidades de éxito de este.

Finalmente, como recomendaciones generales, al Patrocinador se le recomienda exigir que en los proyectos de construcción de pozos geotérmicos se utilice el Plan de Gestión del Proyecto propuesto en el presente PFG como una herramienta para mejorar la planificación, el desempeño de las actividades, el control y el cierre de estos proyectos y al Director de Proyecto se le recomienda, implementar la totalidad de los Planes que conforman el Plan de Gestión del proyecto.

1. Introducción

El desarrollo de la energía geotérmica en Costa Rica es de gran importancia ya que representa una fuente limpia, propia, que no depende de los hidrocarburos y que está disponible las veinticuatro horas al día, los siete días de la semana, sin verse afectada por las condiciones climáticas (Banco Mundial, 2017).

“A diferencia del resto de energías renovables, cuyo origen directo o indirecto es la radiación solar, la energía geotérmica se produce a partir del calor que la tierra transmite desde sus capas internas a la corteza terrestre” (ICE, 2015, p. 8).

Para Costa Rica, la geotermia representó en el año 2019 el 13,37% de la energía eléctrica total generada, lo cual es relevante ya que solo representa un 7,34% de la capacidad instalada. Esta diferencia se explica debido a los altos factores de planta con los que cuenta esta tecnología, lo que, en las épocas de verano, permite el ahorro de importantes cantidades de dinero al sustituir la necesidad de generar utilizando las plantas térmicas que utilizan hidrocarburos, las cuales durante el 2019 únicamente se requirieron para generar el 0,85% de la energía total. (CENCE, 2019)

Dada la importancia de este tipo de fuente, a nivel mundial existen grandes esfuerzos para la promoción de proyectos geotérmicos, los cuales son de alto riesgo y de alta inversión inicial, lo que reduce la cantidad de empresas dispuestas a desarrollar este tipo de proyectos. Los mayores riesgos se presentan en las etapas de exploración y se asocian a la perforación, esto se debe a que la perforación de un pozo geotérmico puede alcanzar costos de hasta los 8 millones de dólares, dependiendo de su acabado y profundidad. Estos altos costos han generado iniciativas a nivel de los entes financieros para crear fondos que promuevan la inversión, además de buscar optimizar los métodos de los estudios iniciales de manera que la

selección de los sitios de perforación permita mayores tasas de éxito y de esta manera reducir los riesgos (Banco Mundial, 2017).

Los elevados costos de la perforación hacen necesario buscar alternativas para aprovechar potenciales oportunidades de mejora en la perforación, de manera que se logre optimizar los costos asociados mediante la reducción de tiempos y el uso más eficiente de los materiales, equipos y herramientas.

Para lograr esta optimización, en el presente trabajo se recomienda utilizar las mejores prácticas de la administración de proyectos resumidas en la Guía del PMBOK (PMI, 2017) por lo que se propone un Plan de Gestión para la Construcción de Pozos Geotérmicos de acuerdo con dicha guía.

1.1 Antecedentes

El desarrollo de los Recursos Geotérmicos en Costa Rica está a cargo del Centro de Servicio Recursos Geotérmicos (CSRG) del ICE, el cual se ubica en Guayabo de Bagaces, Guanacaste y opera los campos geotérmicos Miravalles y Las Pailas, adicionalmente, en la actualidad se encuentra desarrollando las perforaciones para el Proyecto Geotérmico Borinquen I ubicado en Cañas Dulces de Liberia.

La perforación consiste en las actividades necesarias para conectar el reservorio geotérmico con la superficie a través de un pozo geotérmico. El pozo es un agujero de profundidad variable, que puede ir de 500 m hasta los 3000 m dependiendo de las características de reservorio. Este agujero se construye de forma telescópica, quedando sus secciones, superiores recubiertas con tubería de acero fijada con cemento. En las secciones inferiores o de producción, se coloca una tubería ranurada que permite el paso de los fluidos hacia el interior del pozo. Para realizar la perforación, se requiere de una torre de perforación, la cual cuenta con una serie de sistemas tales como, la sarta de perforación, sistema de

circulación, sistema de rotación, sistema de energía y un sistema de preventores (Hawker, 2001).

Desde la década de los 60, el ICE inició un ininterrumpido trabajo de investigación, análisis, capacitación, formación de talento humano y ejecución de obras que hoy colocan a Costa Rica en la élite de la geotermia mundial (ICE, 2015).

El inicio de la historia de perforación de pozos geotérmicos en Costa Rica inicia en 1979, gracias a un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la empresa francesa Forakay Foramines realiza la perforación de tres pozos en la zona de Miravalles, gracias a esto, se confirma la existencia de recurso comercialmente explotable en el campo por lo que se decidió continuar con la perforación de los pozos adicionales para alcanzar el recurso necesario para instalar una planta de 55 MW. Para hacerlo se contrató a las empresas Perforadora Latina y Neibors Company. Es así como en 1994 inicia operaciones la Planta Geotérmica Miravalles I, primera planta geotérmica de Costa Rica (Fallas & Rodríguez, 2010).

Posteriormente se continuó con la perforación y desarrollo de nuevas plantas, proceso en el cual, los ingenieros y técnicos contratados por el ICE para supervisar los contratos con las compañías internacionales, lograron adquirir el conocimiento necesario y se decide por parte del CSRG asumir con sus propios recursos la perforación de los pozos. Para lograrlo adquiere equipo de perforación, contrata al personal técnico y profesional especializado en este campo e inicia con la ejecución del proceso de perforación subcontratando los servicios de lodos, cemento y aire. Adicionalmente y dado que se inicia con el desarrollo autónomo de este tipo de proyectos, se realiza la contratación de servicios de consultorías especializadas para que den soporte a los profesionales del CSRG en el proceso de perforación.

Con el transcurrir de los años, los profesionales y técnicos adquieren la experiencia suficiente y se tomó la decisión de asumir el proceso completo, es decir que se realiza el proceso de perforación y todos los servicios complementarios de aire, lodos y cementos.

En la actualidad el CSRG cuenta con tres equipos de perforación, los cuales operan 24/7 y han desarrollado con éxito las perforaciones necesarias para el desarrollo del Campo Geotérmico Las Pailas I de 42 MW, Las Pailas II de 55 MW y actualmente se encuentran en el desarrollo del Proyecto Geotérmico Borinquen I, el cual suministrará 55 MW al Sistema eléctrico Nacional y requiere la construcción de un total de 20 pozos.

1.2 Problemática

La perforación es un proceso altamente complejo y su control es complicado debido a que el comportamiento de la construcción depende de factores que son difíciles de predecir, tal es el caso de la composición de los suelos a profundidades de hasta 3 000 m, adicionado a la presencia de zonas complejas como arcillas, fracturas que originan pérdidas de los fluidos de perforación y altos consumos de lechadas de cemento durante la cementación en las etapas iniciales de la construcción.

Esta variabilidad, hace que se deba trabajar con datos promedio, los cuales consideran los resultados acumulados a lo largo de varias perforaciones como insumo para definir los materiales y estimar los tiempos de las diferentes actividades y por lo tanto el cronograma final.

Esta complejidad es claramente definida por PEMEX (2003), al indicar que “bajo una situación real, el término de “Perforación optimizada” no existe. Sin embargo, aun cuando el término pueda parecer idealista, nos proporciona el conocimiento suficiente sobre los límites de las variables que contribuyen a mejorar el proceso de perforación” (p.26), por lo que se deben centrar los esfuerzos en gestionar estos proyectos de forma rigurosa.

Lo anterior, hace necesario definir formas optimizadas de gestión, lo que obliga a establecer métodos de control que permitan día a día monitorear los indicadores del proyecto e ir ajustando las proyecciones de duraciones y costos según la realidad del medio que se está perforando. Este requerimiento de optimización se hace más evidente al analizar el porcentaje que representan las actividades de perforación sobre el costo total de un desarrollo geotérmico,

de acuerdo con EGEC (2013) “los costes de perforación constituyen entre el 30% y el 50% del coste de un proyecto de generación eléctrica con energía geotérmica hidrotérmica, y hasta el 70% del coste total de los EGS” (p. 61).

Por la problemática expuesta, a pesar de la existencia de procedimientos y procesos de planificación bastante detallados en el CSRG, surge la necesidad de elaborar un Plan de Gestión para la Perforación de Pozos Geotérmicos, que permita desarrollar este tipo de obras, aplicando las mejores prácticas de la administración de proyectos según el PMI.

1.3 Justificación del proyecto

De acuerdo con PEMEX (2003) la perforación es un proceso que “requiere de una planeación formal ya que para lograr los objetivos se requieren: estudios científicos, técnicas y experiencia en las actividades involucradas desde la localización del punto a perforar hasta la terminación del pozo (p.23), y según EGEC (2013) “los costes de perforación constituyen entre el 30% y el 50% del coste de un proyecto de generación eléctrica con energía geotérmica hidrotérmica, y hasta el 70% del coste total de los EGS” (p. 61). Por lo anterior, resulta imperativo lograr que la perforación de pozos geotérmicos sea altamente competitiva, para lo cual se hace necesario implementar las buenas prácticas internacionales de administración de proyectos, las cuales permitirán mejorar los procesos tal como se detalla en los siguientes párrafos.

Mediante la sistematización en la elaboración de la EDT se logra que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completarse con éxito.

La creación de un plan para la gestión del cronograma permite gestionar las acciones necesarias para programar, controlar y administrar la finalización del proyecto a tiempo.

Mediante un adecuado plan para la gestión del costo se obtiene una metodología estandarizada para definir cómo se deben estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto.

Dado el alto costo de este tipo de construcción, es fundamental garantizar su calidad, por lo que la elaboración de un plan de calidad permite incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer los objetivos de los interesados.

Se hace necesario desarrollar un plan para la gestión de las adquisiciones que permita sistematizar y optimizar los procesos de identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para que, a pesar de la variabilidad que tiene este tipo de proyectos, se logre su conclusión de forma exitosa.

La creación de un plan de gestión de las comunicaciones e interesados permitirá asegurar que las necesidades de información del proyecto y de sus interesados, se satisfagan a través del desarrollo e implementación de actividades diseñadas para lograr un intercambio eficaz de información.

Dado que este tipo de proyectos tiene asociados una gran cantidad de riesgos, se hace indispensable la elaboración de un plan de gestión de riesgos robusto, que permita realizar de forma adecuada la planificación, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos del proyecto.

En general, dada la complejidad y altos costos de la perforación, la implementación de las mejores prácticas recomendadas por el PMI para la administración de proyectos es necesaria para lograr gestionar la perforación de pozos geotérmicos de manera eficaz y eficiente.

1.4 Objetivo general

Elaborar la propuesta de un plan de gestión del proyecto para la construcción de pozos geotérmicos, para utilizarlo como modelo de manera que se mejore la planificación, el control, el cierre y el desempeño de las actividades de perforación.

1.5 Objetivos específicos

1. Crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación en el proyecto.
2. Elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.
3. Crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del proyecto de forma exitosa.
4. Desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto, solo a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales.
5. Establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al cumplimiento de los requisitos establecidos.
6. Elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto.
7. Desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto.
8. Establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.

9. Elaborar un plan de gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto.
10. Crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones del proyecto, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.

2. Marco teórico

La elaboración del marco teórico es fundamental ya que brinda la base teórica para el proyecto que se está realizando. De acuerdo con Campos (2017):

“Toda investigación se construye sobre una serie de conceptos y categorías teóricas específicas. La teoría es el punto de partida epistemológico que nos permite abordar el problema desde una perspectiva determinada. El marco teórico nos ubica en un campo de saber específico” (p. 38).

Cascante (2011) indica que “es un conjunto sistemático de teorías y conceptos que sirven de base a la investigación, interpretación y discusión de resultados, así como para la profundización y confrontación de los hallazgos significativos” (p. 21).

El marco teórico se puede enmarcar en dos etapas, que consisten, la primera en una revisión de todas las fuentes de información para seleccionar cuidadosamente las referencias de utilidad para cubrir los objetivos planteados; la segunda consiste en adoptar por parte del investigador, una postura sobre la teoría analizada, es decir, su propio punto de vista sobre cómo abordar el tema (Zamorano, sf, p. 1).

El presente marco teórico incluye el marco institucional, el cual da una perspectiva de la empresa en la cual se va a realizar el proyecto. Posteriormente se incluye la teoría sobre la administración de proyectos que es básica para el cumplimiento de los objetivos planteados. Finalmente se incluye la teoría necesaria para desarrollar el problema específico que se plantea en la investigación.

2.1 Marco institucional

El presente proyecto se desarrolló en el Centro de Servicio Recursos Geotérmicos, que es la unidad del ICE que está encargada de la investigación, desarrollo y explotación de los recursos geotérmicos en Costa Rica, por lo que, con el fin de ilustrar el alcance que puede

tener el trabajo propuesto, se hace una referencia a los antecedentes y estructura de la organización.

2.1.1 Antecedentes de la institución.

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), es la empresa pública costarricense, durante casi siete décadas, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) ha sido una empresa pionera y vanguardista en el desarrollo socioeconómico de Costa Rica, brindando soluciones de electricidad y telecomunicaciones de punta para el país. El ICE, hoy convertido en Grupo ICE junto a sus tres empresas de igual trayectoria, es la mayor corporación de su ramo en Centroamérica (Grupo ICE, 2018, p. 6).

De acuerdo con el Grupo ICE (2020a):

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) nació tras una larga lucha de varias generaciones de costarricenses por solucionar los problemas de escasez de energía eléctrica de los años 40. Así, su creación se apegó a los principios de soberanía nacional y al mandato de desarrollar, de manera sostenible, las fuentes de energía del país (en ese momento, principalmente, la hidroeléctrica). Desde entonces, el ICE ha llevado electricidad, con energías limpias, a prácticamente cada rincón del país. Hoy cuenta con una matriz eléctrica que es referente mundial, dada su diversidad de fuentes renovables, entre las que destacan la hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar. Sus 40 plantas de generación, y robustos sistemas de transmisión y distribución eléctrica iluminan y mueven a Costa Rica de costa a costa y de frontera a frontera.

Dado su éxito en la electrificación del país, en 1963 se le confirió un nuevo objetivo: el desarrollo y la operación de las telecomunicaciones del país. Tres años después, instaló las primeras centrales telefónicas automáticas y, a partir de entonces, las telecomunicaciones iniciaron un acelerado desarrollo,

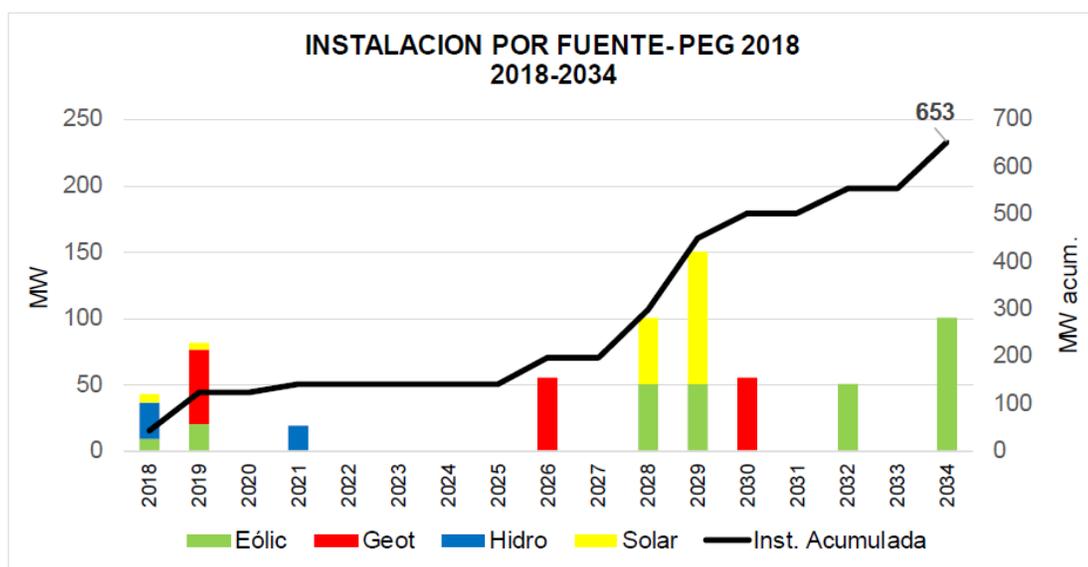
principalmente a través de la masificación de la telefonía fija y pública, y más recientemente, la telefonía móvil y el internet.

Hoy, el ICE cubre con electricidad el 99,7% del país y es protagonista en la descarbonización de la economía, a través de la electromovilidad y la consolidación de ciudades inteligentes, gracias a sinergias con sus empresas, RACSA y CNFL. Es, además, el operador dominante del mercado celular, con su marca kölbi, y cuenta con una robusta red de fibra óptica y de cables submarinos que permiten la conectividad de alta calidad con el mundo. (p. 1)

El ICE, periódicamente actualiza el plan de expansión de la generación para definir la cantidad y magnitud de proyectos que debe incluir en sus portafolios y programas. La Figura 1 muestra las proyecciones del Plan de Expansión vigente (2018-2034). Como se observa, para el periodo del 2020 al 2030 las proyecciones son instalar 110 MW de energía geotérmica.

Figura 1

Proyecciones de instalación de plantas por fuente

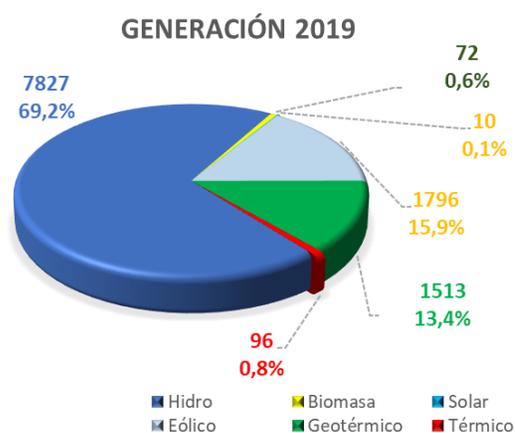


Fuente: CENCE (2018)

Como se observa en la Figura 2, la capacidad instalada al 2019 es de 3 617 MW, de los cuales 207 MW corresponden a plantas geotérmicas.

Figura 2

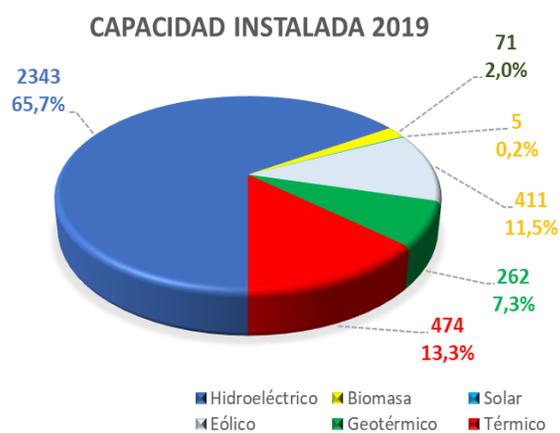
Capacidad instalada por fuente 2019



Fuente: Elaboración propia con datos de CENCE (2019)

Figura 3

Generación por fuente 2019

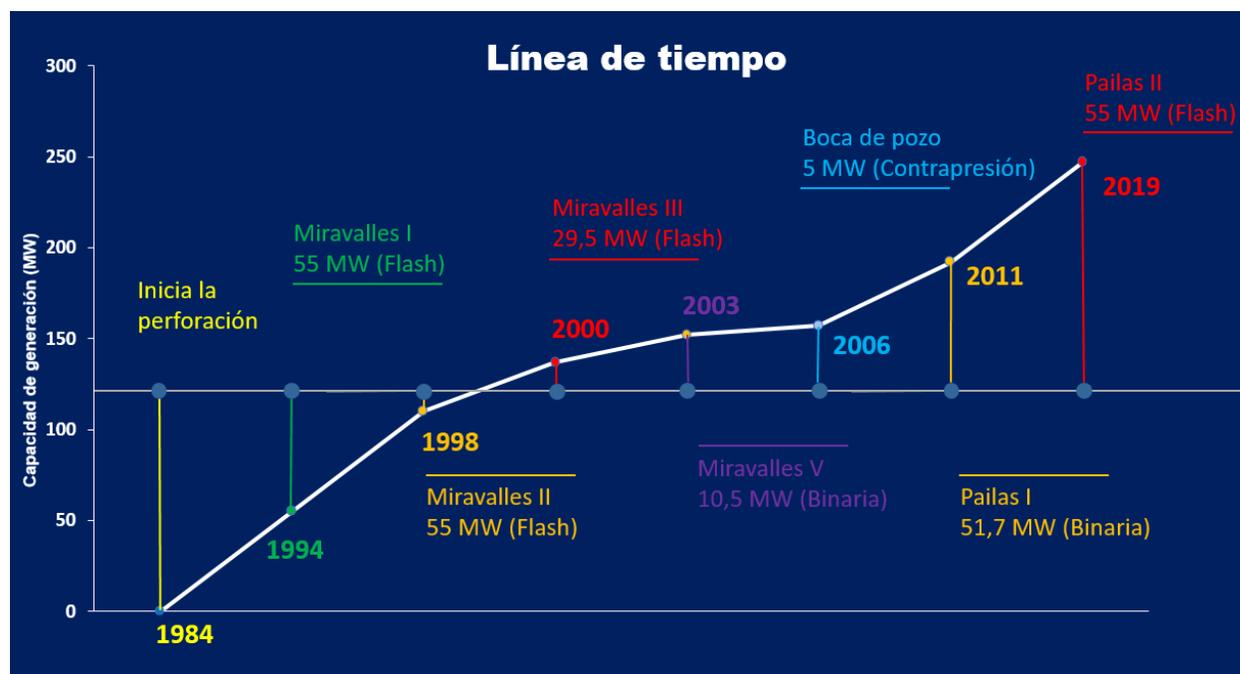


Fuente: Elaboración propia con datos de CENCE (2019)

Los 262 MW geotérmicos que actualmente tiene instalados el ICE son producto del desarrollo de los campos geotérmicos Miravalles, Las Pailas I y Las Pailas II, en los cuales como se aprecia en la Figura 4, se han construido 7 plantas geotérmicas.

Figura 4

Línea de tiempo de la puesta en marcha de plantas geotérmicas.



Fuente: Elaboración propia con datos de Grupo ICE (2015)

2.1.2 Misión y visión.

El grupo ICE como parte de su planificación, incorporó dentro de su estrategia la siguiente Misión y Visión;

2.1.2.1 Misión

“Mejorar la calidad de vida de la sociedad costarricense, contribuyendo al desarrollo sostenible del país con soluciones de energía, infocomunicaciones e ingeniería, de manera eficiente, inclusiva y solidaria” (Grupo ICE, 2020b, p. 1).

Dado que la misión del Grupo ICE establece la eficiencia de sus soluciones, es necesario que se ajusten todos los procesos relacionados con el desarrollo de los proyectos para ofrecer productos y servicios de la más alta calidad y a costos razonables, por lo que el proyecto claramente se alinea e impacta de manera positiva la misión institucional.

2.1.2.2 Visión

“El Grupo ICE, ágil, transparente, motor de desarrollo de la sociedad costarricense con presencia internacional, liderará y será referente en la transformación digital y en el desarrollo de soluciones integrales, innovadoras y oportunas, en energía, infocomunicaciones e ingeniería” (Grupo ICE, 2020b, p. 1).

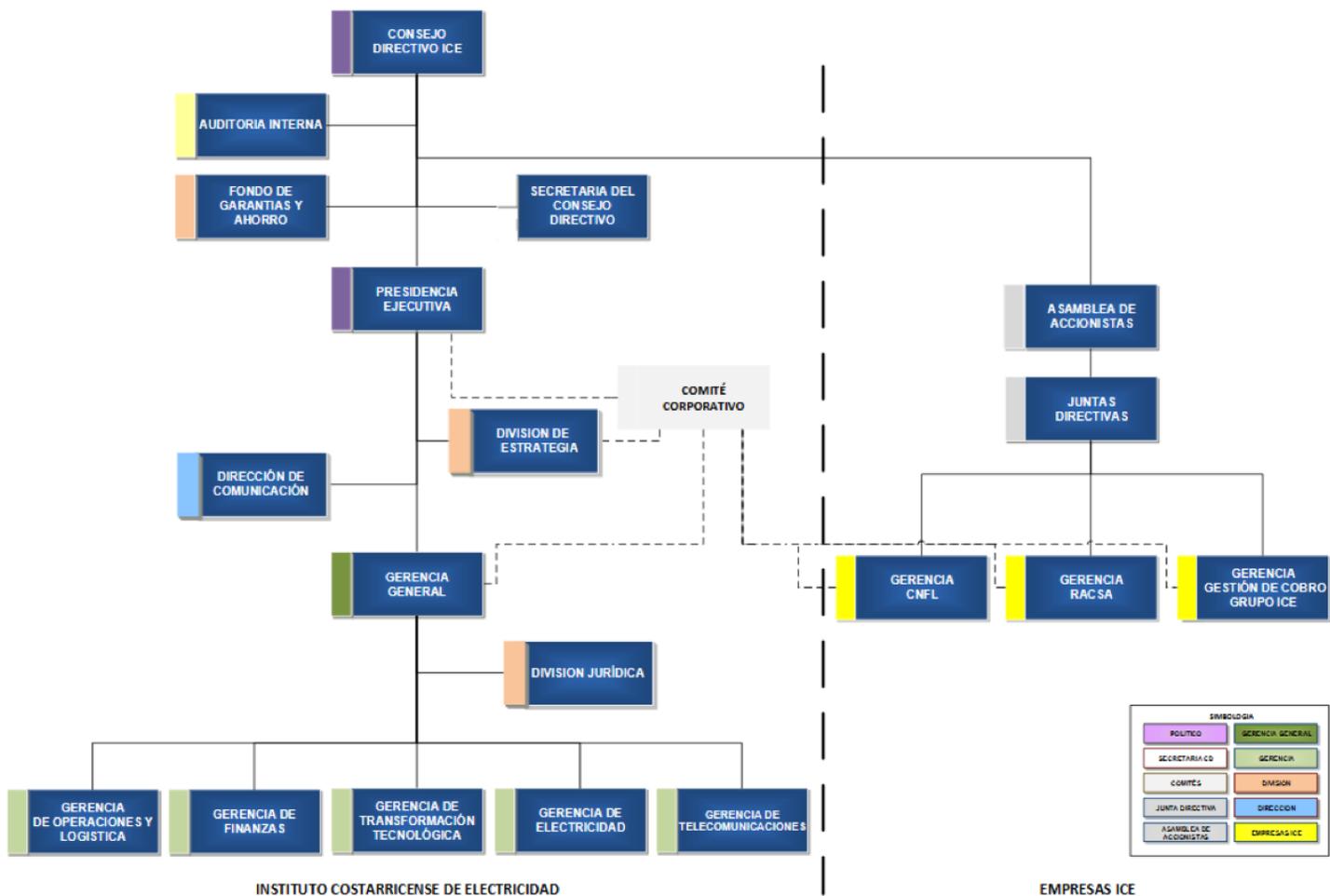
Considerando que la Visión del Grupo ICE incluye la presencia internacional y el desarrollo de soluciones integrales, el proyecto impactará de manera positiva la visión institucional ya que permitirá la incorporación de la metodología del PMI la cual es aceptada a nivel internacional por lo que mejorará la capacidad interna para ofrecer servicios externos más competitivos.

2.1.3 Estructura organizativa.

El Grupo ICE se encuentra conformado por el Consejo Directivo, que es el máximo órgano jerárquico, la Presidencia Ejecutiva encargada de presidir el Consejo Directivo y la Gerencia General que es la máxima autoridad administrativa. El grupo está conformado por la empresa principal que es el ICE, integrada por las Gerencias de Electricidad, Telecomunicaciones, Finanzas, Transformación Tecnológica y Operaciones y Logística. Adicionalmente sus tres subsidiarias, Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), Radiográfica Costarricense (RACSA) y Gestión de Cobros.

Figura 5

Estructura Organizativa del Grupo ICE



Fuente: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/2679b952-2e51-44c7-b884-87d6a7249db7/OrganigramageneralGrupoICE.pdf?MOD=AJPERES>

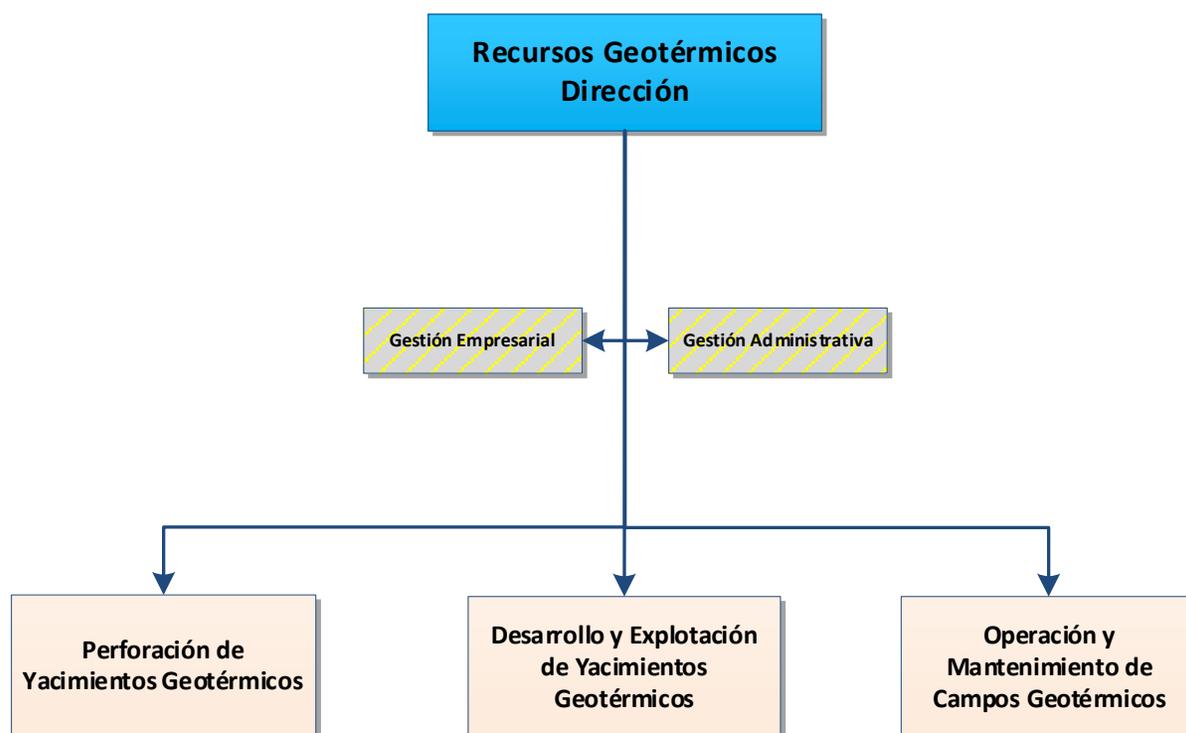
El grupo responsable de la geotermia en el Grupo ICE es el Centro de Servicio Recursos Geotérmicos, el cual pertenece al Negocio de Ingeniería y Construcción que es parte de los negocios de la Gerencia de Electricidad.

El CSRG posee la estructura organizacional que se muestra en la Figura 6, se compone de tres áreas técnicas (Exploración y Desarrollo de Yacimientos, Perforación de Yacimientos y Operación y Mantenimientos de Campos) y dos áreas administrativas (Gestión Administrativa y la Gestión Empresarial).

Por su parte, el desarrollo de los proyectos se gestiona mediante la creación de un grupo de proyectos que es el encargado de la planificación, ejecución, seguimiento y cierre de los mismos.

Figura 6

Estructura Organizativa del Centro de Servicio Recursos Geotérmicos



Fuente: Elaboración propia.

2.1.4 Productos que ofrece.

El Instituto Costarricense de Electricidad, cuenta con diferentes empresas las cuales se dedican a la comercialización de productos, de manera general de acuerdo con el Grupo ICE (2020) estos son;

- Servicios de electricidad, con una cobertura del 99,4% del territorio nacional, apoyándose tanto en su subsidiaria la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, sí como la venta de energía a otras empresas distribuidoras a nivel regional.
- Servicios de telecomunicaciones, tales como telefonía celular, fija y pública, servicios de internet y de IPTV, consolidándose en soluciones convergentes alineadas a la Revolución 4.0.
- Soluciones de infocomunicaciones, como la comunicación satelital y la comercialización de internet y servicios asociados a este, como el correo electrónico, servidores, soluciones especializadas en servicios de información e internet en espacios públicos, videovigilancia y plataformas transaccionales, para la consolidación de ciudades inteligentes para el gobierno central, municipalidades, cooperativas y empresas por medio de su empresa Radiográfica Costarricense.

2.2 Teoría de Administración de Proyectos

La administración de proyectos es una aplicación sistematizada de las áreas de conocimiento y grupos de procesos para gestionar los proyectos aplicando las mejores prácticas de la industria con el objetivo de lograr el éxito.

De acuerdo con Wallace (2014), no es posible atribuir a ningún grupo la creación de la Administración de Proyectos tal como la conocemos hoy, tampoco ningún sector o industria puede decir que fueron los primeros en ver la aparición de la gestión de proyectos. Algunos autores ubican la aparición de la gestión de proyectos como una disciplina en el Programa

Espacial Apolo (años 60 – 70). De igual manera, algunos indicios de aspectos particulares de la actual gestión de proyectos ya eran visibles y característicos de emprendimientos humanos muy antiguos. Uno de los ejemplos más visibles son las pirámides egipcias antiguas, construidas hace varios miles de años sin tecnología altamente desarrollada, o la red de calzadas romanas que se desarrolló hace alrededor de dos mil años y se extendía desde el río Éufrates hasta Escocia, muchas de las cuales aún existen y continúan influenciando gran parte de la disposición europea de carreteras actuales. “Las pirámides y las calzadas romanas eran proyectos increíbles en sus tiempos”. (p. 40-41)

La importancia de la aplicación de la Administración de Proyectos radica en la reducción de los riesgos de fracaso y la maximización de las probabilidades de éxito del proyecto.

En el presente apartado se expone la teoría sobre los proyectos, sobre administración de proyectos, su ciclo de vida, adicionalmente los procesos de la administración de proyectos, sus áreas de conocimiento y teoría específica sobre el tema del proyecto, en este caso la geotermia, los pozos geotérmicos y como estos son construidos.

2.2.1 Proyecto.

Considerando las definiciones dadas por varios autores, se puede definir proyecto como un conjunto de actividades que son ejecutadas para lograr satisfacer los requerimientos de un cliente, mismo que puede ser interno o externo a la organización, el cual demanda un producto o servicio que es único y tiene un periodo de tiempo definido para su realización.

De acuerdo con Torres (2014) “el concepto “proyecto” proviene del vocablo latino proiciere-proieci-proiectum que significa arrojar adelante (proyección, proyectar, proyecto); esto es, el proyecto es toda idea que se tiene en el presente con miras a que se materialice en el futuro” (p. 25).

Por su parte Wallace (2014) indica que un proyecto “es un producto exclusivo, original y único. Se produce una vez, y los sistemas y las herramientas que se utilizaron para producirlo

se vuelven a utilizar para algo más, en muchos casos, para llevar a cabo otros proyectos” (p. 8).

Finalmente, el PMI (2017) define proyecto como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (p. 4).

Como bien ilustra Lledó (2017) la definición de proyecto “no depende de la complejidad o magnitud del mismo, sino de las características de único y temporal. Podría ser un proyecto simple como organizar el cumpleaños de tu hijo o algo complejo como lanzar un cohete a la luna” (p. 25).

Todos los autores citados, coinciden en cuanto a que el resultado de un proyecto, independientemente de su grado de complejidad, puede ser algo muy simple o algo extremadamente complejo, es algo único, único en el sentido de que, el crearlo, lleva un proceso particular que lo hace diferente a cualquier otro.

2.2.2 Administración de Proyectos.

De acuerdo con Lledó (2017) “el término “administración de proyectos” también suele denominarse “gestión de proyectos”, “gerencia de proyectos” y “dirección de proyectos”. Por su parte, en inglés el único término para esta temática es “project management”” (p. 13).

En relación con la historia de cómo surge o cuales son los principales hitos o eventos que han contribuido con la aparición de lo que hoy se conoce como administración de proyectos, Wallace (2014) indica que el origen de la administración de proyectos se podría ubicar en la década de los 60, sin embargo, los proyectos han existido desde siempre (por ejemplo las antiguas pirámides), pero la formalización de la administración de proyectos como tal tiene unas pocas décadas. Actualmente, los líderes empresariales identifican en la gerencia de proyectos un estilo de dirección y de organización del trabajo que se constituye en una

herramienta efectiva para alcanzar los objetivos y que por su flexibilidad puede fácilmente ser adaptada a la estrategia de las empresas.

Se considera que la consolidación de la gestión de proyectos, como se conoce hoy en día, inició a principios de los años 20. La organización del trabajo en forma de proyecto les dio a las empresas la posibilidad de trazarse objetivos claros a pesar de disponer de recursos limitados, además les ofreció mecanismos efectivos de medición y control que permiten llevar un seguimiento adecuado del avance y cumplimiento de las metas. La organización del trabajo permitió mejorar los canales de comunicación de los diferentes involucrados del proyecto, permitiéndoles enfocarse en objetivos comunes y desplegando al máximo sus capacidades y entendiendo que el talento humano es el que desempeña el papel fundamental para el logro del alcance definido para el proyecto. “Pero es a partir de la década de los años 50 del siglo XX, cuando se empieza a desarrollar una verdadera disciplina en el área de los proyectos, como campo independiente, aunque relacionado, con la gestión empresarial” (Moreno et al., 2016, p. 20-24).

“La administración de proyectos es una estructura temporal de organización diseñada para lograr resultados con ayuda de especialistas de todos los puntos de la empresa” (Torres, 2014, p. 15).

En la Tabla 1 se muestran los hitos que marcan la historia de la evolución de la teoría de proyectos hasta llegar a lo que hoy se conoce como administración de proyectos.

Por su parte la Figura 7 muestra las diferentes metodologías utilizadas en la actualidad para la administración de proyectos alrededor del mundo (Moreno et al., 2016).

Tabla 1*Hitos de la evolución de la teoría de proyectos*

Época	Hito	Importancia
1911	Principios de la administración Científica	Frederick Taylor concluye que el trabajo puede analizarse centrándose en las partes que lo componen y generar acciones de mejora a partir de los resultados que se obtienen.
Primera Guerra Mundial	Diagrama de Gantt	Desarrollado por Henry Gantt, vendría a convertirse en una de las herramientas más usadas, permite a los directores administrar los proyectos de una manera eficaz
1956	American Association of Cost Engineers	En 2006 publica el documento Marco de Gestión de Costo Total que representa el primer proceso integrado de la gestión de portafolios, programas y proyectos
1957	Método de Ruta Crítica	Herramienta creación por Dupont Corporation, se convierte en una de las herramientas más utilizadas hasta la fecha para gestionar de forma efectiva los proyectos.
1958	PERT	La técnica de revisión y evaluación de programas creada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos. Se enfoca en identificar los tiempos optimista, pesimista, esperado y más probable de la duración de las actividades del proyecto
1961	EDT	Creada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos como complemento al PERT, permite representar en una estructura de árbol jerárquico los entregables y paquetes de trabajo del proyecto
1965	International Project Management Association	Creada en Viena, la IPMA fue la primera asociación dedicada a la administración de proyectos.
1969	Project Management Institute	El PMI es una organización americana de carácter internacional, la cual, desde 1987 publica la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (guía del PMBOK)

Nota: La Tabla 1 muestra los diferentes hechos históricos relevantes que enmarcan la historia del surgimiento de la actual administración de proyectos. Autoría propia con base en información de Moreno et al. (2016).

Figura 7

Metodologías para la Dirección de Proyectos

Estándar	Asociación	Objetivo o planteamiento	Estructura	Técnica	Enfoque
PMBOK®	PMI® – Project Management Institute 	El uso de unas buenas aplicaciones prácticas puede mejorar las posibilidades de éxito.	Marco conceptual de la dirección de proyectos. Norma de dirección de proyectos. Áreas de conocimiento de la gestión de proyectos.	Muy variadas, siendo las más importantes: * Valor ganado * Software de GP * Proyecciones * Muestreo estadístico	Buenas prácticas
ICB	IPMA® 	Reduce al máximo las actividades con el fin de ser efectiva y eficiente la gestión.	Elementos de competencia: * Técnica * Comportamiento * Contextuales	No define técnicas concretas. Se evalúan las competencias por medio de las certificaciones.	Efectividad
P2M	PMAJ 	Profesionales con misión de rendimiento orientado a la integración que deben poseer capacidad, actitudes y cualidades para integrar el conocimiento y la experiencia de múltiples disciplinas.	[Elementos fundamentales de gestión de programas]: 4 [Gestión integral - Seis funciones de gestión del programa]: 6 [Dominios de gestión de proyectos: 11]	No tienen técnicas específicas.	Ética y el compromiso social

Estándar	Asociación	Objetivo o planteamiento	Estructura	Técnica	Enfoque
PRINCE2®	OGC  Office of Government Commerce	Se centra en el apoyo del ciclo de vida del proyecto. Suministro de actividades para conseguir los resultados sin embargo, no cubre todos los aspectos de la gestión.	Ocho procesos y 45 subprocesos.	* Planificación basada en productos. * Aproximación al control de cambios. * Revisión de la calidad	Ciclo de vida
BS 6079-1:2010	BSI  British Standards	Norma nacional británica - Interrelación entre áreas de conocimiento y actividades de apoyo a la dirección del proyecto.	Áreas: 11 Actividades de apoyo:50	* Planificación * Calendario * Riesgos * Eventos * Calidad * Stakeholders	Equipo de trabajo.
ISO 21500	ISO 	La norma regula los proyectos para gestionarlos y servir de guía con ayuda de prácticas de sistemas de calidad.	Áreas Grupos de procesos Procesos	La norma no sugiere la aplicación de proyectos, en cambio se centra en garantizar la calidad del proyecto.	Calidad

Nota: La figura 7 muestra las diferentes metodologías o estándares para la dirección de Proyectos. Moreno et al. (2016)

La mayoría de los autores en temas relacionados con gestión de proyectos concuerdan en esta tiene como objetivo establecer y, alcanzar (o superar) los objetivos de la triple restricción (tiempo, costo y desempeño (calidad)). Actualmente se empieza a incluir dentro de

los objetivos las variables de seguridad, que cobra más y más importancia como resultado del aumento de disposiciones estatutarias sobre salud y seguridad. Igualmente se incluyen la variable de riesgos del proyecto, debido a la que necesidad económica conduce cada vez más, a los proyectos hacia estados de riesgo más y más alto. (Wallace, 2014, p. 18)

En los últimos años también se incluye la variable ambiental, la cual tiene mucha relevancia ya que un manejo inadecuado de la misma podría significar el fracaso de un proyecto.

La administración de proyectos “es una forma de organización desarrollada para asegurar que los proyectos, los programas y el portafolio de proyectos continúen su evolución con cuidado y sobre una base diaria. Es así que la administración de proyectos es una forma efectiva de ubicar a las personas y los recursos físicos necesarios durante un tiempo limitado para completar un proyecto específico. (Torres, 2014, p. 14)

“La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La dirección de proyectos permite a las organizaciones ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente”. (PMI, 2017, p. 10)

2.2.3 Ciclo de vida de un proyecto.

De acuerdo con Torres, “el ciclo que mejor representa la vida de un proyecto se integra por cinco fases, a saber: inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control y cierre” (p. 6)

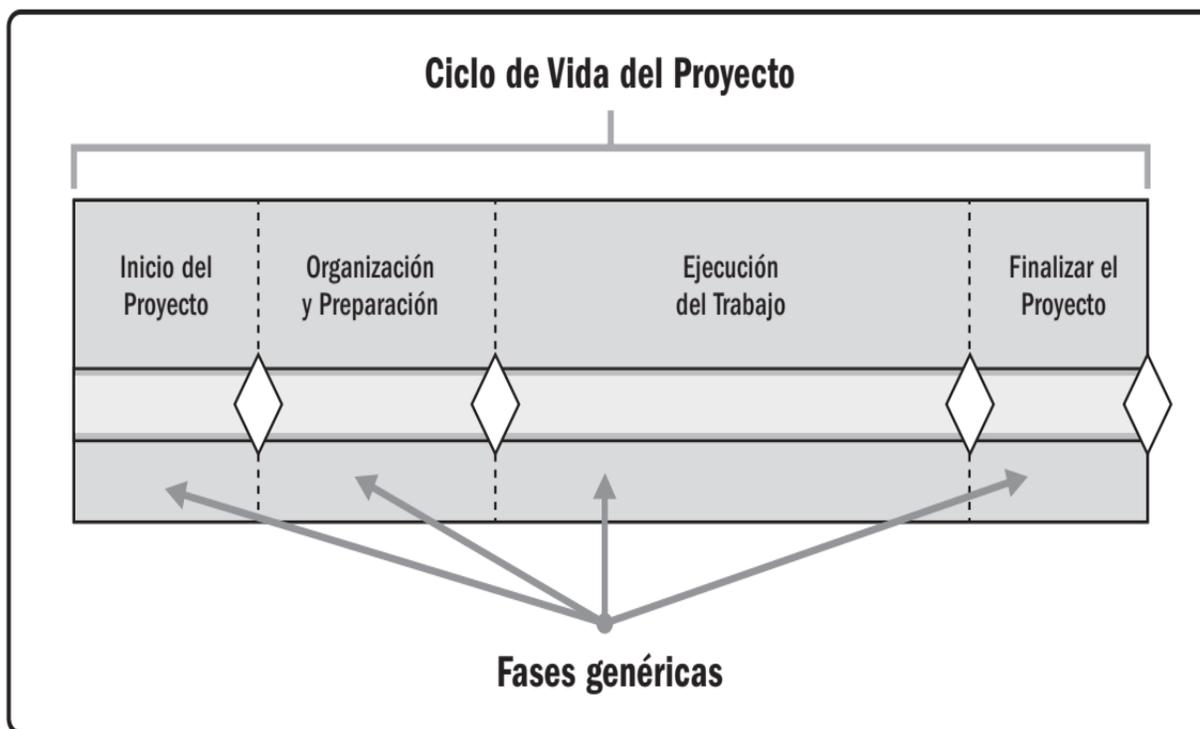
El ciclo de vida puede ser predictivo o adaptativo y abarca desde el inicio hasta la conclusión del proyecto y sus fases pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas. Proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto. A las fases asociadas al desarrollo del producto, servicio o resultado se les llama un ciclo de vida del desarrollo, el cual puede ser predictivo, iterativo, incremental, adaptativo o un modelo híbrido. Es importante tener claro que los ciclos de vida de los proyectos son independientes de los ciclos de vida de los

productos que pueden ser generados por un proyecto. “El ciclo de vida de un producto es la serie de fases que representan la evolución de un producto, desde el concepto hasta la entrega, el crecimiento, la madurez y el retiro” (PMI, 2017, p. 19).

Tal como se muestra en la Figura 8, las fases del ciclo de vida del proyecto definidas por el PMI son, el Inicio del proyecto, la organización y preparación, la ejecución del trabajo y finalizar el proyecto.

Figura 8

Ciclo de vida de un proyecto.



Fuente: PMI (2017)

2.2.4 Procesos en la Administración de Proyectos.

En relación con los grupos de procesos para la administración de proyectos, la guía del PMI (2017) indica que “un Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos es un agrupamiento lógico de procesos de la dirección de proyectos para alcanzar los objetivos específicos del proyecto. Los Grupos de Procesos son independientes de las fases del proyecto” (p. 23).

Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en cinco grupos de procesos los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Grupos de procesos de la administración de proyectos.

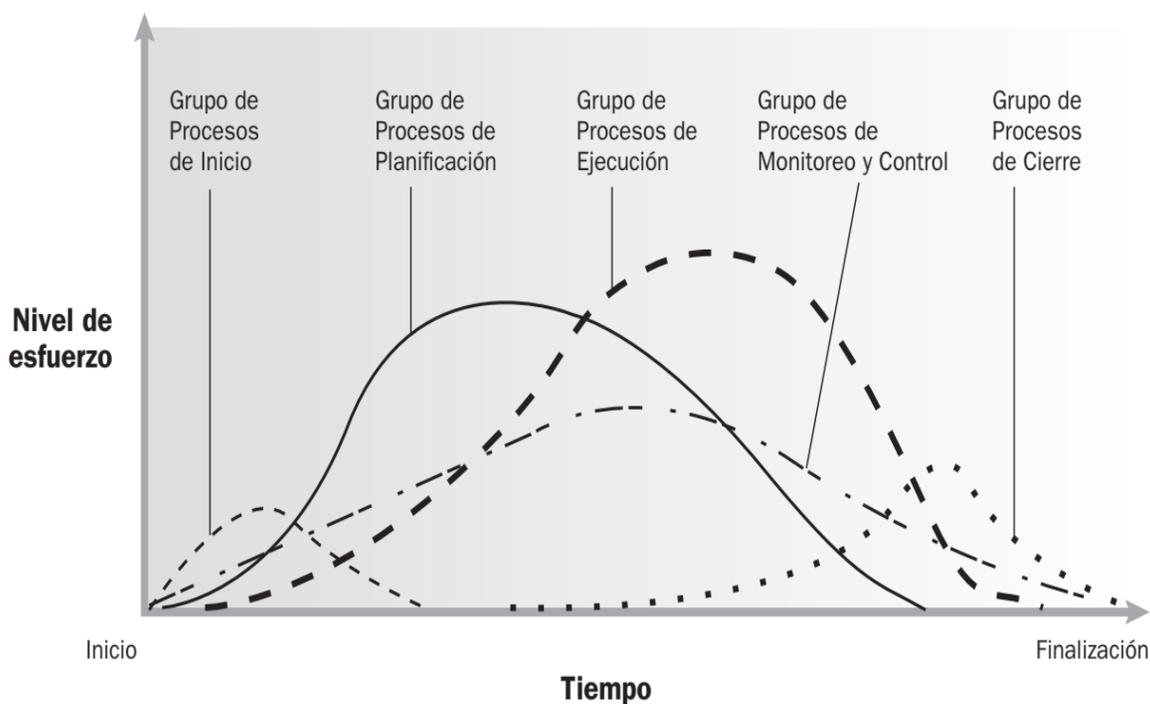
Grupo de Procesos	Descripción
Grupo de Procesos de Inicio	Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase
Grupo de Procesos de Planificación	Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto
Grupo de Procesos de Ejecución.	Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto.
Grupo de Procesos de Monitoreo y Control.	Procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
Grupo de Procesos de Cierre.	Procesos llevados a cabo para completar o cerrar formalmente el proyecto, fase o contrato.

Nota: La Tabla 2 muestra los diferentes grupos de procesos de la administración de proyectos según el estándar del PMI y una breve descripción sobre los mismos. Autoría propia con base en información de PMI (2017, p. 554)

Los grupos de procesos son diferentes a las fases del proyecto, estos interactúan dentro de cada fase y es posible que todos estén presentes en una misma fase y se repiten según sea necesario hasta cumplir con los criterios de finalización de esa fase. En la Figura 9 se muestra la interacción entre los diferentes grupos de procesos y el nivel de esfuerzo requerido para cada uno de ellos a lo largo del ciclo de vida del proyecto (PMI, 2017, p. 555).

Figura 9

Interacciones entre grupos de procesos de la administración de proyectos.



Fuente: PMI (2017, p. 555)

2.2.5 Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos

De acuerdo con el PMI (2017) "las Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos son campos o áreas de especialización que se emplean comúnmente al dirigir proyectos. Un

Área de Conocimiento es un conjunto de procesos asociados a un tema particular de la dirección de proyectos” (p. 552).

En la Tabla 3 se muestran las 10 áreas de conocimiento y las respectivas actividades que deben realizarse en cada una de ellas, así como el grupo de procesos de la administración de proyectos al que pertenecen.

Tabla 3

Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos

Áreas del conocimiento	Actividades	Grupo de procesos
4. Gestión de la Integración del Proyecto: Incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto.	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución	Inicio
	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección	Planificación
	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo	Ejecución
	4.4 Gestionar el Conocimiento	Ejecución
	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo	Monitoreo y control
	4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	Monitoreo y control
	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase	Cierre
5. Gestión del Alcance del Proyecto: Incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluye todo el trabajo requerido y únicamente el trabajo requerido para completarlo con éxito.	5.1 Planificar la Gestión del Alcance	Planificación
	5.2 Recopilar Requisitos	Planificación
	5.3 Definir el Alcance	Planificación
	5.4 Crear la EDT/WBS	Planificación
	5.5 Validar el Alcance	Monitoreo y control
	5.6 Controlar el Alcance	Monitoreo y control
6. Gestión del cronograma del Proyecto: Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.	6.1 Planificar la Gestión del Cronograma	Planificación
	6.2 Definir las Actividades	Planificación
	6.3 Secuenciar las Actividades	Planificación
	6.4 Estimar la Duración de las Actividades	Planificación
	6.5 Desarrollar el Cronograma	Planificación
	6.6 Controlar el Cronograma	Monitoreo y control
7. Gestión de Costos del Proyecto: Incluye planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos.	7.1 Planificar la Gestión de los Costos	Planificación
	7.2 Estimar los Costos	Planificación
	7.3 Determinar el Presupuesto	Planificación
	7.4 Controlar los Costos	Monitoreo y control
8. Gestión de la calidad: Incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización, a fin de satisfacer las expectativas de los interesados	8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	Planificación
	8.2 Gestionar la Calidad	Ejecución
	8.3 Controlar la Calidad	Monitoreo y control
9. Gestión de los recursos del Proyecto: Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto.	9.1 Planificar la Gestión de Recursos	Planificación
	9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	Planificación
	9.3 Adquirir Recursos	Ejecución
	9.4 Desarrollar el Equipo	Ejecución

Áreas del conocimiento	Actividades	Grupo de procesos
	9.5 Dirigir al Equipo	Ejecución
	9.6 Controlar los Recursos	Monitoreo y control
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto: Incluye los procesos requeridos para garantizar el manejo de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.	10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	Planificación
	10.2 Gestionar las Comunicaciones	Ejecución
	10.3 Monitorear las Comunicaciones	Monitoreo y control
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto: Incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto.	10.2 Gestionar las Comunicaciones	Ejecución
	10.3 Monitorear las Comunicaciones	Monitoreo y control
	11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos	Planificación
	11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	Planificación
	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	Ejecución
	11.7 Monitorear los Riesgos	Monitoreo y control
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto: Incluye los procesos necesarios para la compra o adquisición de los productos, servicios o resultados requeridos por fuera del equipo del proyecto.	12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	Planificación
	12.2 Efectuar las Adquisiciones	Ejecución
	12.3 Controlar las Adquisiciones	Monitoreo y control
13. Gestión de los interesados del Proyecto: Incluye los procesos requeridos para identificar los interesados, analizar sus expectativas y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto.	13.1 Identificar a los Interesados	Inicio
	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados	Planificación
	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	Ejecución
	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	Monitoreo y control

Nota: La Tabla 3 muestra las áreas de conocimiento para la administración de proyectos de acuerdo con el estándar del PMI, las actividades que las componen y a que grupo de procesos se asocia cada una de ellas. Autoría propia con base en información del PMI (2017, p. 25)

Para el presente proyecto se desarrollan todas las áreas de conocimiento, con la salvedad de la Gestión de Costos del proyecto, en la cual, debido a la sensibilidad de la información, no se emplearán los datos reales de la empresa, sino se utilizarán datos genéricos para los análisis.

2.3 Perforación de pozos geotérmicos

A continuación, se desarrolla la teoría relacionada con la perforación de pozos geotérmicos, dado que el proceso debe analizarse de forma integral, se presenta la teoría

sobre que es la energía geotérmica para tener claridad sobre el contexto de la importancia, ventajas y beneficios de este tipo de energía, así como la relación con la perforación de pozos. Posteriormente se desarrolla la teoría sobre qué es un pozo geotérmico, los tipos que existen y sus acabados genéricos. Finalmente se hace referencia a la teoría de cómo se construyen este tipo de pozos, lo que es fundamental para la ejecución del proyecto.

2.3.1 Energía geotérmica

De acuerdo con GEOELEC (2013), la energía geotérmica posee muchas cualidades deseables. Una de las más importantes es que no depende de las condiciones climáticas, a diferencia de la energía eólica o solar, por lo que en la mayoría de los países se utiliza para proporcionar carga base. Esta característica hace que la energía geotérmica sea una de las más confiables de las energías renovables, ya que cuentan con factores de planta, es decir que pueden operar ininterrumpidamente, hasta el 95 por ciento del tiempo. Este alto factor de planta hace que algunas plantas de energía geotérmica sean competitivas con centrales nucleares y de combustibles fósiles. Asimismo, las plantas geotérmicas pueden mantener su productividad durante muchos años. Normalmente, tienen una vida útil de 30 a 50 años hasta que el equipo se desgasta. De hecho, la primera planta geotérmica del mundo, establecida en Larderello, Italia, fue inaugurada en 1913 y sigue siendo productiva. (p. 9)

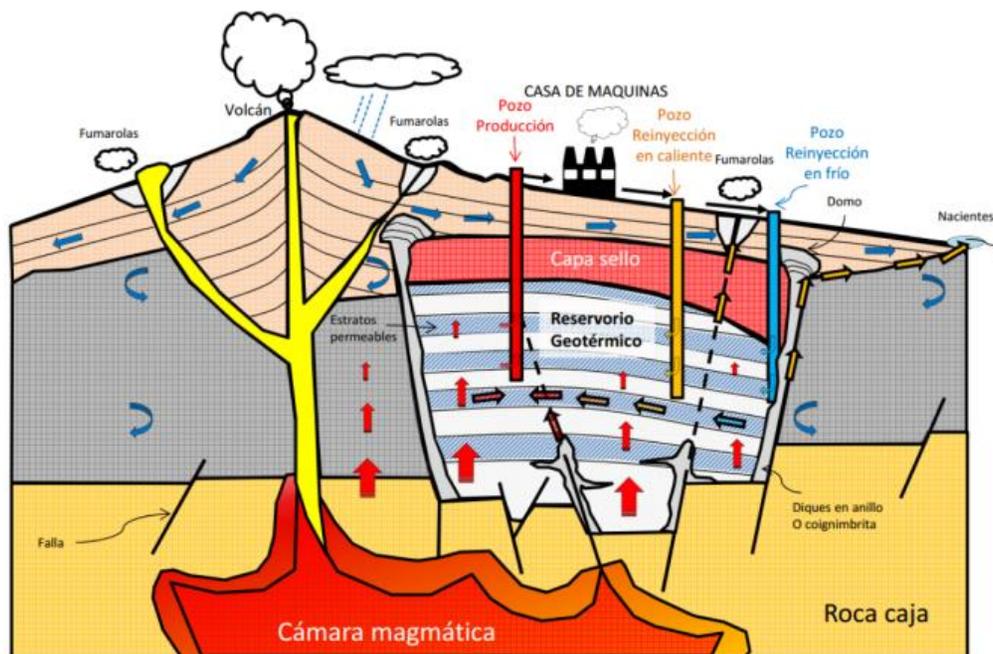
Estas características hacen que la energía geotérmica sea de gran relevancia para Costa Rica ya que permite la sustitución de las fuentes térmicas, según el banco Mundial (2016), la geotermia es una fuente de energía limpia que puede generar carga base confiable, las 24 horas del día, los 7 días de la semana. La energía geotérmica, explotada de forma sostenible, proporciona significativas ventajas ambientales a nivel local y global debido a que cuenta con reducidas emisiones de gases a la atmósfera y sus impactos en el medio son puntuales. A menudo, la energía geotérmica puede ser una opción para la generación de electricidad de menor costo comparado con el uso de combustibles fósiles (particularmente si

se consideran sus beneficios ambientales), y al ser un recurso autóctono, ayuda a estabilizar el costo de la energía, ya que no está sujeta a la volatilidad del precio internacional de las materias primas. (p. iv)

Para lograr el desarrollo y explotación exitoso de un campo geotérmico se requieren una serie de condiciones particulares como lo son; a) la existencia de una fuente de calor de origen magmático de es la que brinda la energía necesaria a los fluidos, b) la existencia de fluidos (vapor o salmuera) que son los que se transportaran a superficie para extraer la energía requerida, c) un medio permeable o reservorio geotérmico que permita la movilidad de los fluidos calientes y c) una capa sello que permita que los fluidos calientes estén contenidos dentro del reservorio.

Figura 10

Esquema de un campo geotérmico.

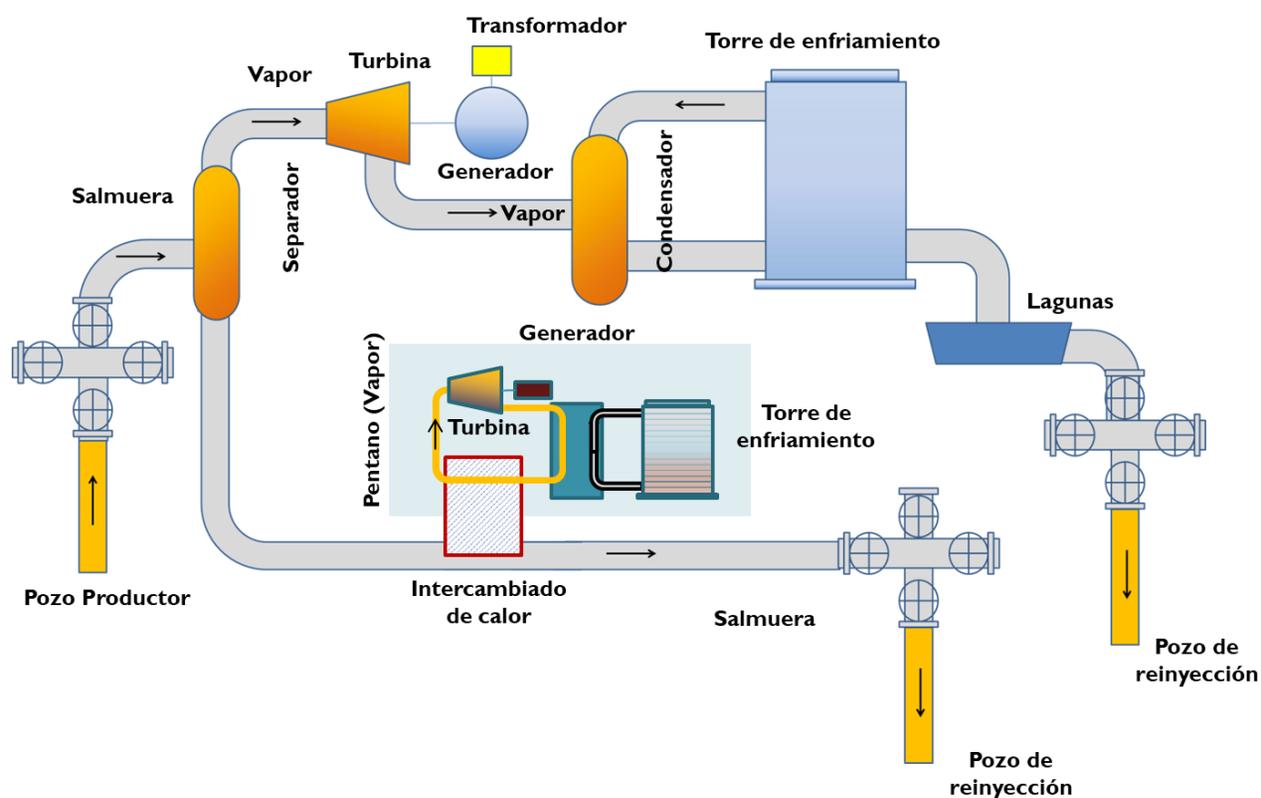


Fuente: Solís (2016)

La Figura 11 muestra el esquema de explotación un reservorio geotérmico, en el cual se utiliza una planta principal y una planta binaria de ciclo de fondo que aprovecha los fluidos de reinyección para extraer energía adicional.

Figura 11

Esquema de explotación del recurso geotérmico.



Fuente: Guido (2020)

El uso de esta fuente de energía tiene varias ventajas, dentro de las que se pueden mencionar; a) es una fuente que puede utilizarse por largo tiempo si se realiza una explotación sostenida, como ejemplo el campo más viejo del mundo tiene más de 100 años de explotarse y

sigue activo, b) es una forma de generación que se considera ecológica ya que es poco contaminante, c) sus impactos sobre el ambiente son bajos, puntuales y reversibles, d) los costos de generación son competitivos frente a las generación eléctrica tradicionales y sobre todo la térmica, e) contribuye al desarrollo socioeconómico de las comunidades cercanas al proyecto debido a la mejora en infraestructura y a la contribución social de este tipo de proyectos (capacitación, generación de empleo, etc.) y f) la generación no se afecta por los factores climáticos, como sucede con la energía eólica, hidroeléctrica y solar (Grupo ICE, 2015, p. 9).

2.3.2 Pozos geotérmicos

Un pozo geotérmico es un agujero de profundidad variable (de 700 a 3 000 m) que se construye para conectar el yacimiento con la superficie y funciona como el medio para extraer o inyectar los recursos (salmuera o vapor) a explotar.

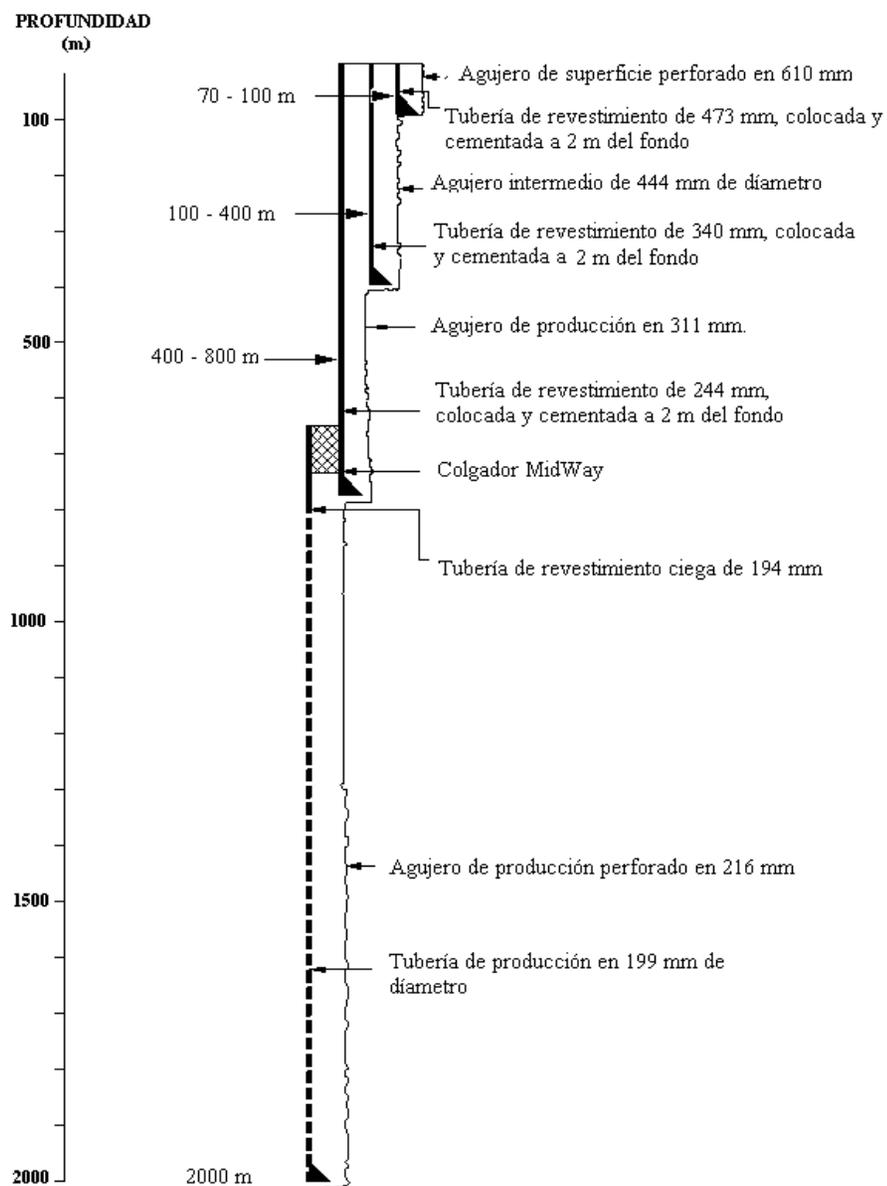
El acabado típico de un pozo geotérmico se muestra en la Figura 12, como puede apreciarse, el agujero perforado se reviste con tuberías de acero, conocidas como ademes, las cuales son ancladas a la formación utilizando una lechada de cemento y en la parte final del pozo se coloca una tubería ranurada que permite que los fluidos ingresen al pozo y asciendan a la superficie.

Los pozos se construyen en etapas, cada etapa de un diámetro menor que la anterior y pueden utilizarse tres, cuatro o más dependiendo de la profundidad requerida y de la estrategia de perforación que se defina para alcanzar los objetivos geológicos.

En el caso de Costa Rica, se construyen utilizando tres o cuatro tamaños de tuberías. Se inicia con un diámetro de tubería de 473 mm, seguida de una tubería de 340 mm, posteriormente 244 mm (puede ser o no ranurada) y finalmente un ademe ranurado de 194 mm, esta es una tubería perforada la cual permite que los fluidos ingresen al pozo para ser llevados hasta la superficie.

Figura 12

Acabado típico de un pozo geotérmico.

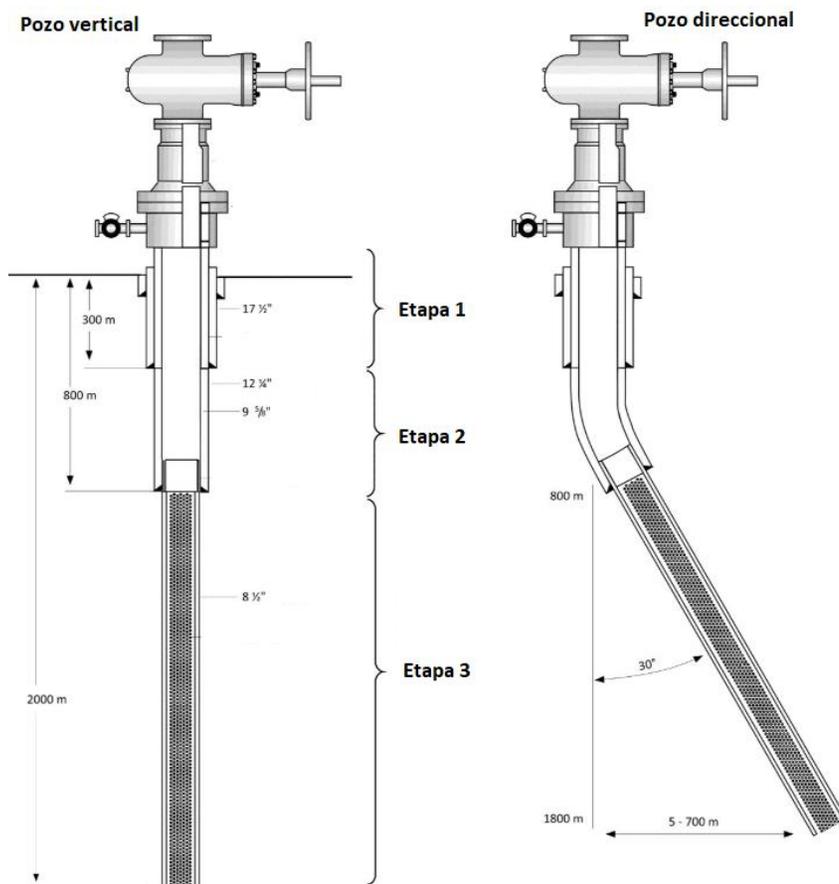


Fuente: Guido (2020)

Los pozos pueden ser verticales o direccionales, dependiendo del objetivo geológico, los direccionales permiten perforar varios pozos desde una misma plataforma y dan mayor flexibilidad de construcción. La Figura 13 muestra ambos acabados de pozo.

Figura 13

Acabado típico de un pozo geotérmico vertical y direccional.



Nota: Adaptado de Direccional Wells (p. 3) Thorhallsson, S., & Gunnlaugsson, E. (2012).

Los pozos geotérmicos se perforan con diferentes objetivos, los productores son los que permiten extraer los fluidos del reservorio, los inyectores que son los que permiten regresar los fluidos ya aprovechados al reservorio y los observadores, que generalmente son pozos que no lograron el objetivo planeado de producción o inyección, son aprovechados para monitorear (realizar lecturas de presión, nivel freático, temperatura) el reservorio.

Aunque los objetivos finales de los pozos son diferentes, el proceso para construirlos (perforarlos) es básicamente el mismo.

2.3.3 Perforación (construcción) de pozos geotérmicos

Para realizar la perforación de un pozo se requiere contar con un equipo perforador, conocido como torre de perforación, en el caso de CSRG se utilizan equipos de perforación rotatoria, la Figura 14, muestra una torre ubicada en la plataforma de perforación y todos sus componentes.

Figura 14

Torre de perforación y elementos auxiliares.



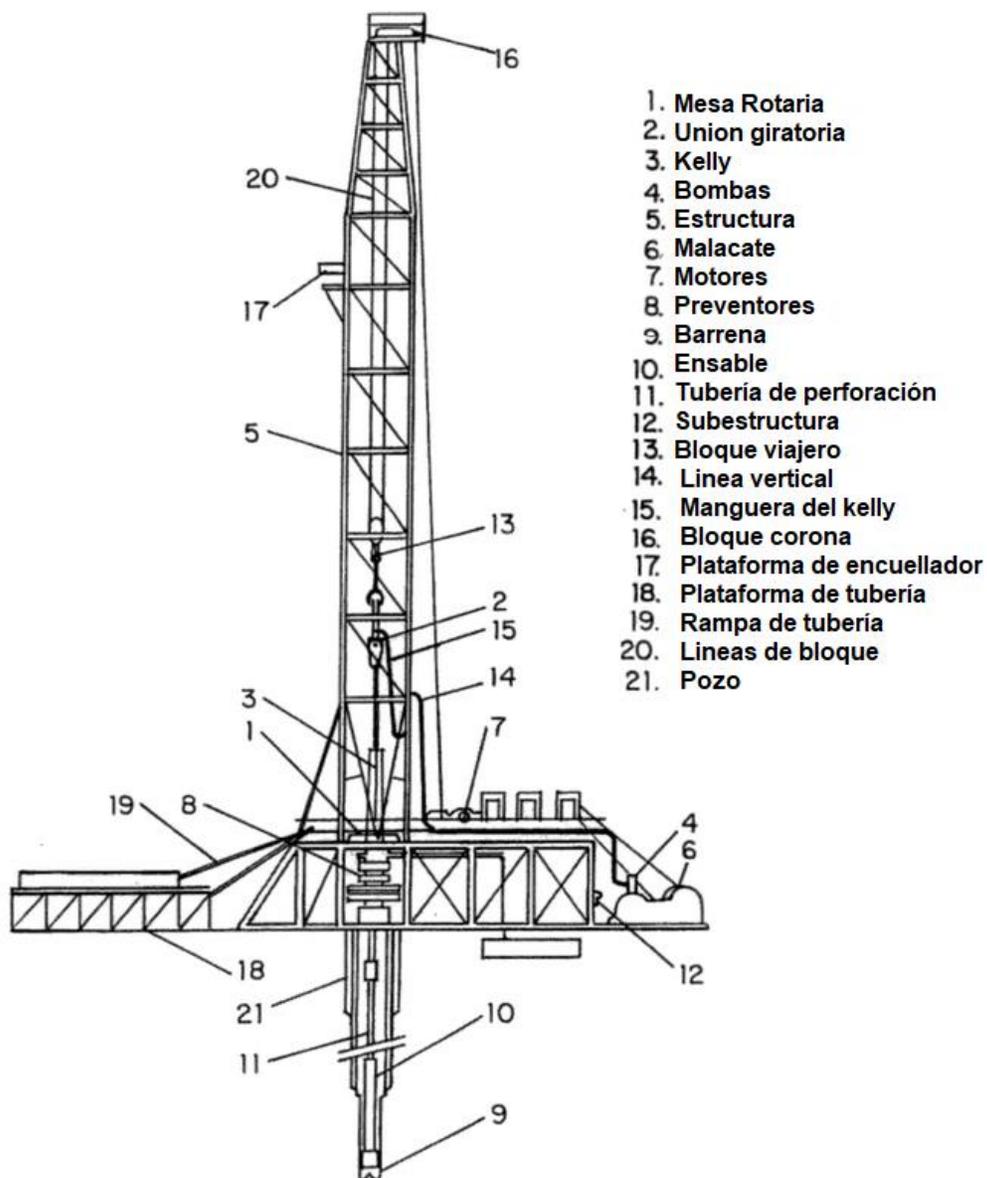
Fuente: Guido (2020)

Un equipo de perforación se compone de los siguientes elementos;

- La torre de perforación o mástil es el elemento en el cual se ubican los demás elementos requeridos para la perforación tal como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Torre de perforación y elementos auxiliares.

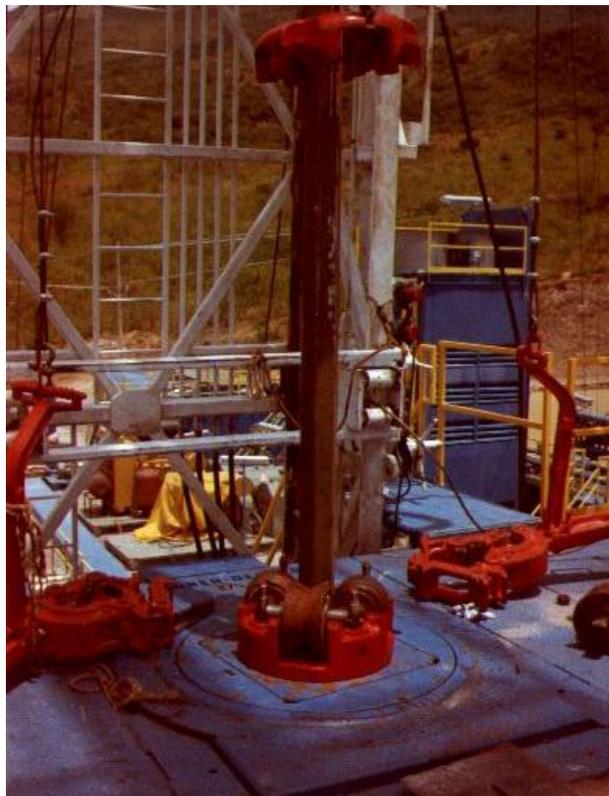


Nota: Adaptado de *Drilling Engineering* (p. 5) Azar, J. (2007).

- Sistema de rotación; se compone de la mesa rotatoria, el Kelly bushing y el Kelly, sistema de poder (generadores de corriente alterna y corriente directa), la Figura 16 muestra algunos de estos componentes.

Figura 16

Mesa rotaria.

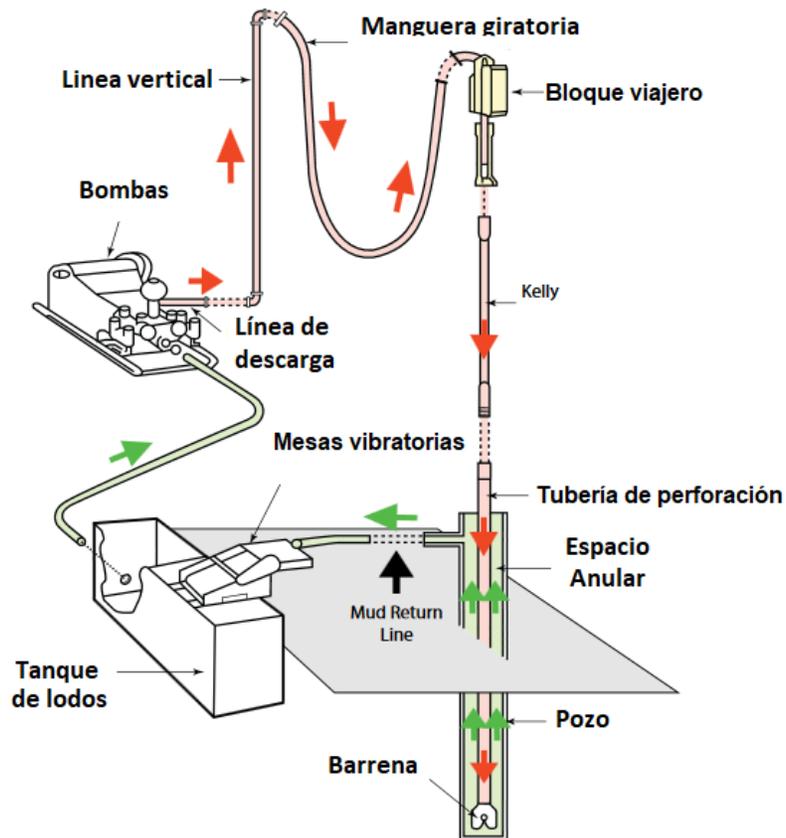


Nota: La figura muestra la mesa rotaria el Kelly bushing y el Kelly. Autoría propia.

- Sistema de circulación; La Figura 17, muestra el esquema general del sistema de circulación, el cual se compone de bombas dúplex y tríplex, tanques de lodos, torre de enfriamiento, zarandas vibratorias, agitadores, embudos de mezclado, desgasificadores, desarenadores, hidrociclones.

Figura 17

Sistema de circulación, sin torre de enfriamiento.

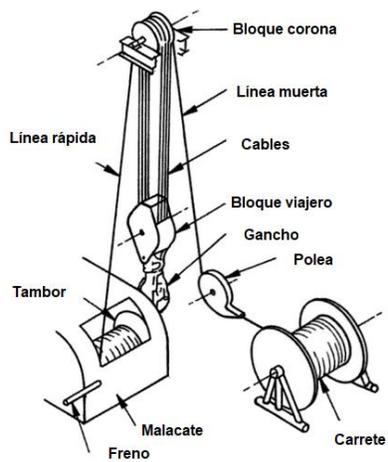


Nota: Adaptado de *Drilling Manual* (sp) IADC (2014).

- Sistema de cementación; Silos para almacenamiento de cemento, tanques de cemento, bombas para la inyección de lechadas de cemento, sistema de compresores de aire.
- Herramientas de elevación, tal como se muestra en la Figura 18, incluye el malacate, las líneas de izaje, el bloque de corona, el bloque viajero, el gancho, los brazos, el elevador, llaves de poder, entre otros.

Figura 18

Sistema de elevación y elementos auxiliares.



Nota: Adaptado de *Drilling Engineering* (p. 11) Azar, J. (2007).

- Equipo para el control de explosiones (Preventores BOPs).

Figura 19

Sistema de preventores.



Nota: La figura muestra el sistema de preventores. Autoría propia.

- Sarta de perforación; tubería de perforación, tubería pesada, barras de peso, ensamble de fondo (estabilizadores, rimadores, ensanchadores, conectores, martillos y motores de fondo) y barrenas. (Hawker, 2001).

Previo al inicio de la perforación de un pozo se requiere que el equipo geocientífico establezca la ubicación, elabore la proyección geocientífica y defina los objetivos del pozo, esto es definir las profundidades y la dirección en el caso de perforación direccional. Con base en este insumo, el equipo de proyecto construye las plataformas en las que se ubicará la perforadora y todos sus sistemas auxiliares. En el caso de pozos direccionales, en una misma plataforma se pueden construir hasta 6 pozos y empleando la proyección, el equipo de ingenieros realiza el diseño geométrico del pozo y elabora el plan de construcción.

La perforación se realiza por etapas, que son secciones de pozo perforadas a diferentes diámetros logrando un pozo telescópico. En términos muy generales, el proceso consiste en utilizar la barrena para rasgar la roca e ir formando el agujero, para esto el sistema de rotación a través de la mesa rotaria brinda torque a la sarta que esta transmite a la barrena, la cual al girar rompe y logra penetración. Al ir avanzando en el pozo, los cortados de la roca deben ser retirados del pozo, para hacerlo se puede utilizar, agua, aire o lodos de perforación, y en algunos casos combinaciones de estos. Los lodos son bombeados al pozo por el agujero interno de la tubería de perforación, salen por las toberas de la barrena e impulsan los cortados por el espacio anular, que es el espacio que queda entre la tubería y la formación. Los lodos, además de limpiar el pozo de los cortados, tiene la función de enfriar la barrena, y una de sus funciones más importantes es la de mantener la estabilidad de las paredes del pozo, lo que se logra al obtener un balance entre la presión hidrostática y la presión de la formación. Debe tenerse mucho cuidado con el balance de las presiones ya que una presión de lodo muy alta puede originar un rompimiento de la formación con la consecuente pérdida de circulación, que significa que el fluido es absorbido por la formación, y si la presión es muy baja, se pueden

tener derrumbes de las paredes del pozo lo que puede originar un atrapamiento de la herramienta de perforación, lo cual dependiendo de la magnitud puede implicar la pérdida del pozo y de la herramienta que queda atrapada. Otro de los problemas que se controlan con el balance de presiones son los reventones (blowouts) que son flujos no controlados provenientes de la formación.

Una vez que se ha finalizado una etapa, se procede a colocar el revestimiento, este proceso consiste en bajar el ademe que va a recubrir el pozo y se utiliza para evitar que el pozo se derrumbe, aislar las formaciones inestables y proteger las formaciones productoras.

Normalmente se colocan los siguientes ademes; a) tubo conductor que es una tubería corta que se usa para proteger la superficie de la erosión por parte del fluido de perforación, b) el ademe de superficie que se instala para proteger las formaciones iniciales y para anclar los sistemas de preventores, c) el ademe intermedio se usa para evitar pérdidas de circulación y sellar zonas que pueden fallar, e) ademe de producción, que es una tubería ranurada que permite el ingreso de los fluidos para ser transportados a superficie. Cada sección de tubería se coloca utilizando centralizadores que buscan que la misma quede lo más centrada que sea posible, y raspadores, que permiten remover el lodo adherido a la formación. Una vez ubicada y asegurada la tubería se procede con la cementación de esta, proceso que consiste en la inyección de una lechada de cemento que llena el espacio anular que es el espacio entre la formación y la tubería (PEMEX, 2003).

Una vez acabado el pozo, se realizan pruebas para verificar la capacidad de producción o de reinyección del pozo, con lo cual se completa el proceso.

3. Marco metodológico

El marco metodológico es el resultado de la aplicación sistemática y lógica, de los conceptos y fundamentos expuestos en el marco teórico. Es importante comprender que la metodología de la investigación es progresiva, por lo tanto, no es posible realizar el marco metodológico sin las fundamentaciones teóricas que van a justificar el estudio del tema elegido. El marco metodológico es uno de los apartados fundamentales de toda investigación ya que en el mismo se definen las fuentes de información relevante para el tema a desarrollar, los métodos de investigación aplicables de acuerdo con los objetivos del estudio, así como los instrumentos y herramientas que se van a utilizar. (Azuelo, 2018, p. 112)

En el presente apartado se describen las fuentes de información, los métodos de investigación y herramientas utilizadas en el proyecto, igualmente se definen los supuestos, restricciones y entregables para cada uno de los objetivos planteados.

3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información son todos los medios de los cuales se extrae la información relevante y necesaria para realizar la investigación.

Las fuentes de información son fundamentales para el investigador, no es posible iniciar un trabajo sin el conocimiento previo de ellas. En todo proceso de investigación, cualquiera que sea (tesis, redacción de libros, proyectos de graduación, etc.), se hace imprescindible el uso de determinadas herramientas para obtener la información necesaria. Los distintos métodos de investigación que son planteados con el objetivo de guiar una investigación incluyen una fase inicial que se refiere a la necesidad de conocer en qué estado se encuentra el tema que va a ser estudiado. "Para ello inicia la fase de investigación bibliográfica y documental con el fin de obtener la información que necesita, buscando el material y compilándolo para después extraer lo que necesita". (Villaseñor, 2008, p. 117)

Por la naturaleza de esta investigación, la información utilizada provino de fuentes primarias y secundarias, la selección de estas se basa en su confiabilidad y objetividad para proporcionar información relevante para el estudio.

3.1.1 Fuentes primarias.

De acuerdo con Maranto & González (2015), las fuentes primarias son aquellas que contienen información original, de primera mano, son el producto de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Estas fuentes contienen información antes de ser interpretada, o evaluada por alguna persona. Las principales fuentes de información primaria son los libros, monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros, etc. (p. 2)

Para efectos del presente estudio se utilizaron como fuentes primarias los reportes de campo generados en el proceso, los datos almacenados en los sistemas de información de la empresa, entrevistas a expertos y documentación general del proceso.

3.1.2 Fuentes secundarias.

Las fuentes secundarias contienen información de fuentes primarias que ya ha sido reelaborada, sintetizada y reorganizada. “Son fuentes especialmente diseñadas para facilitar el control y acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos: los libros, publicaciones en serie publicaciones oficiales, congresos, enciclopedias, diccionarios, anuarios, antologías entre otras” (Romanos, 2000, p. 19).

Este tipo de fuentes son las que “ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria” (Maranto & González, 2015, p. 2).

Para el desarrollo del presente estudio se utilizaron como fuentes secundarias, libros de texto especializados en el tema, informes con análisis de la información del proceso, estudios disponibles sobre el tema.

A continuación, en la Tabla 4 se presentan las distintas fuentes de información que se utilizaron en este proyecto para cada uno de los objetivos específicos definidos para el proyecto.

Tabla 4

Fuentes de Información Utilizadas

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
1. Crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación en el proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por los especialistas del CSRG 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Administración de proyectos. Grupo Editorial Patria (Torres, Z., Torres, H., 2014). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa
<p>Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes ya que aportan los datos requeridos para establecer los diferentes componentes del proyecto que deben unificarse, consolidarse e interrelacionarse, de manera que se realice adecuadamente el Plan de Gestión del alcance.</p>		
2. Elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos del CSRG. • Información recopilada del proceso de perforación en el CSRG. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por los especialistas del CSRG 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Introducción a la gerencia de proyectos: conceptos y aplicación. (Moreno, N., Sánchez, L., Velosa, J., 2018). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa.
<p>Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes ya que aportan los datos requeridos</p>		

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
	para establecer los requerimientos del proyecto y de esta forma realizar adecuadamente el Plan de Gestión del alcance, garantizando que este incluyo todo el trabajo requerido y solo el trabajo requerido.	
3. Crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del proyecto de forma exitosa.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Administración de proyectos. Grupo Editorial Patria (Torres, Z., Torres, H., 2014). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Charter del proyecto. • Plan de gestión del proyecto. • EDT del proyecto.
	Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes ya que aportan los datos requeridos para desarrollar el Plan de Gestión del cronograma de forma que se garantice que el proyecto finalice a tiempo.	
4. Desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto, solo a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Plan de gestión del proyecto. • Cronograma del Proyecto.
	Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes para establecer los costos de todas las actividades y recursos requeridos para el proyecto de manera que sea posible generar adecuadamente el Plan de Gestión del costo.	
5. Establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017).

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al cumplimiento de los requisitos establecidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Quality Management: why, what and how (Rose, 2014). • Plan de gestión del proyecto.

Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes para establecer los requisitos de calidad del proyecto de manera que se pueda generar adecuadamente el Plan de Gestión de Calidad.

6. Elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas. • Estudio de Impacto Ambiental. • Plan de Gestión Ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Charter del proyecto. • Plan de gestión del proyecto. • EDT del proyecto. • Cronograma del Proyecto. • Plan de Calidad del proyecto.
--	--	--

Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes para definir todos los recursos requeridos para el proyecto de forma que se pueda crear el Plan de Gestión de los recursos.

7. Desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas. • Estudio de Impacto Ambiental. • Plan de Gestión Ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Charter del proyecto. • Plan de gestión del proyecto. • EDT del proyecto. • Cronograma del Proyecto. • Plan de Calidad del proyecto. • Matriz de interesados
--	--	---

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
y en las necesidades del proyecto.	<p>Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes para identificar las necesidades de comunicación de los interesados de manera que se puedan plantear las mejores estrategias y elaborar adecuadamente el Plan de Gestión de Comunicación.</p>	
8. Establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas. • Información de instituciones de emergencias • Estudio de Impacto Ambiental. • Plan de Gestión Ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Riesgos en gestión de proyectos (Garzon, 2018). • Charter del proyecto. • Plan de gestión del proyecto. • EDT del proyecto. • Cronograma del Proyecto. • Plan de Calidad del proyecto. • Matriz de interesados
	<p>Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes para identificar los riesgos asociados al proyecto, de manera que se pueda realizar su valoración y de esta forma crear adecuadamente el Plan de Gestión de Riesgos.</p>	
9. Elaborar un plan de gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas. • Estudio de Impacto Ambiental. • Plan de Gestión Ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Administración de proyectos. Grupo Editorial Patria (Torres, Z., Torres, H., 2014). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Plan de gestión del proyecto. • Cronograma del Proyecto. • Plan de Calidad del proyecto. • Plan de Gestión de Riesgos
	<p>Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes para identificar la totalidad de adquisiciones que se requieren para ejecutar el proyecto de forma que se pueda</p>	

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
	desarrollar de forma adecuada el Plan de Gestión de Adquisiciones.	
10. Crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones del proyecto, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos. • Información recopilada del proceso de perforación. • Tesis • Informes de trabajo elaborados por especialistas. • Estudio de Impacto Ambiental. • Plan de Gestión Ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMI, 2017). • Estudios, Investigaciones y documentos de la empresa. • Charter del proyecto. • Plan de gestión del proyecto. • Cronograma del Proyecto. • Plan de Calidad del proyecto. • Matriz de interesados
	<p>Justificación: Estas fuentes de información primaria y secundaria, son relevantes para identificar los requerimientos de los diferentes interesados del proyecto y desarrollar estrategias que permitan elaborar adecuadamente el Plan de Gestión de Adquisiciones.</p>	

Nota: La Tabla 4 muestra las fuentes de información utilizadas, en correspondencia con cada objetivo, según sean primarias o secundarias. Autoría propia.

3.2 Métodos de Investigación

La palabra “método” se compone del griego $\mu\epsilon\tau\alpha$ que significa ‘con’ y de $\delta\acute{o}\varsigma$ que sería ‘camino’, ‘vía’. Por eso, al derivar del griego $\mu\acute{\epsilon}\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$ significa literalmente “camino hacia algo”. La palabra método hace referencia a ese conjunto de estrategias y herramientas que se utilizan para llegar a un objetivo preciso (UAEH, 2017, p. 4-5).

Baena (2017) indica que el método se empieza a utilizar en la Grecia antigua, Aristóteles lo utiliza como procedimiento para indagar el conocimiento empírico, le llama método de síntesis, y lo explica en cuatro pasos; 1) se aprehenden los fenómenos como un observador pensante que le interesa todo lo que se presente y que se debe estudiar a fondo y con detalle, 2) se parte de lo general y con un proceso de reflexión se llega a lo particular, 3) se

toman las consideraciones dadas por la filosofía anterior sobre el objeto para aceptar, corregir y transformar la concepción que se tiene de él, así como exponer las características que se le han encontrado y 4) se examina con el pensamiento el objeto estudiado y determinado, es decir que se vuelve al resultado obtenido para verificar su validez (p. 33).

En cuanto a los métodos, “unos autores se refieren a procesos de pensamiento o razonamiento como es el caso de: inducción, deducción, análisis, síntesis, analogías, clasificación e incluso intuición” (Ramirez, sf, p. 37).

A continuación, se presentan los métodos que serán utilizados en el presente estudio para lograr el desarrollo de los diferentes entregables del proyecto.

3.2.1 Método de análisis y síntesis.

“Análisis y síntesis son dos actividades simétricamente contrapuestas, el análisis significa disolución, descomposición en partes, en cambio la síntesis compone o forma un todo con elementos diversos” (Baena 2017, p. 41)

Analizar significa la categorización, ordenamiento, manipulación y resumen de datos para responder a las preguntas de investigación. El propósito es reducir los datos de una forma entendible e interpretable para que las relaciones de los problemas de investigación puedan ser estudiadas y aprobadas. El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular (UAEH, 2017, p. 6-7).

El método de análisis incluye los siguientes pasos; 1) observación de un fenómeno, sus hechos, comportamiento, partes y componentes, 2) descripción e identificación de todos sus elementos y componentes, 3) examen riguroso de cada uno de los elementos, 4) descomposición de los comportamientos y características de cada uno de los elementos, 5) enumeración de los componentes a fin de identificarlos y establecer sus relaciones, 6)

reacomodación de las partes a fin de restituir su estado original, 7) clasificación de las partes siguiendo el patrón del fenómeno analizado y 8) conclusión sobre los resultados obtenidos para dar una explicación del fenómeno observado. Por su parte la síntesis incluye los pasos; 1) observación, 2) examen global, 3) experimentación, 4) suposición, 5) agrupación y 6) comprobación (Ramirez, sf, p.40).

Por su parte en la síntesis “se parte de elementos diversos, la razón descubre sus relaciones y se termina con la integración de los elementos en un solo conjunto o sistema conceptual” (Baena 2017, p. 41).

El método de análisis y síntesis se utilizó en el presente estudio debido a que se partió del todo al realizar al análisis de la información, métodos, procesos, recursos, etc. usados actualmente con el objetivo de ordenar la información y los datos para estudiar sus relaciones, lograr comprender, sintetizar e interpretarlos para plantear las mejores alternativas que permitan la correcta aplicación de la administración de proyectos.

3.2.2 Métodos inductivo y deductivo.

El método inductivo crea leyes a partir de la observación de los hechos mediante la generalización del comportamiento observado; en realidad, lo que realiza es una especie de generalización, sin que por medio de la lógica pueda conseguir una demostración de las citadas leyes o conjunto de conclusiones (Behar, 2008, p. 40).

La inducción es un modo de razonar que consiste en sacar de los hechos particulares una conclusión general. Es un razonamiento que analiza una porción de un todo, por lo que va de lo particular a lo general (Ramirez, sf, p. 38). La inducción es, de manera general, el método empleado por las ciencias naturales (Baena, 2017, p. 34).

De acuerdo con Behar (2008) el método lógico deductivo es en el que “se aplican los principios descubiertos a casos particulares a partir de la vinculación de juicios (p. 39).

Por su parte, la deducción es un método de razonamiento que lleva a conclusiones partiendo de lo general, aceptado como válido, hacia aplicaciones particulares. Este método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, y principios de aplicación universal y, mediante la deducción, el razonamiento y las suposiciones, entre otros, se comprueba su validez para aplicarlos en forma particular (Ramirez, sf, p. 38).

Estos métodos se utilizan en el presente estudio debido a que se hace necesario revisar e interpretar diferentes aspectos del proceso ya sea partiendo de aplicaciones generales, que son aceptadas como válidas (mejores prácticas del PMI) para sacar conclusiones y soluciones particulares (su aplicación a procesos específicos) o, por el contrario, del análisis de elementos particulares (procesos particulares) obtener soluciones generales (planes de gestión), de manera que se logre recomendar soluciones viables que permitan la correcta aplicación de la administración de proyectos.

3.2.3 Método comparativo.

Según Littré, comparar es “examinar de manera simultánea las semejanzas y las diferencias”, esto presupone la existencia de semejanzas y diferencias; es decir que no se comparan cosas absolutamente idénticas ni dos cosas totalmente distintas. “La comparación requiere cierta analogía entre las cosas comparadas y toda la dificultad reside precisamente en determinar el grado de dicha analogía. El peligro del método comparativo consiste en la realización de comparaciones artificiales, basándose en una deformación de los objetos cotejados” (Baena, 2017, p. 40).

Este método se utiliza en el presente estudio debido a que se hace necesario revisar y comparar la forma en la que se manejan los procesos, métodos, se definen los recursos, etc. que son utilizados en la actualidad, con las mejores prácticas recomendadas por el PMI, de manera que se logren soluciones que permitan la correcta aplicación de la administración de proyectos.

A continuación, en la Tabla 5 se muestra un resumen de los tres métodos utilizados en el presente proyecto.

Tabla 5

Métodos de Investigación Utilizados

Métodos de Investigación		
Método Analítico	Método Inductivo y Deductivo	Método Comparativo
El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y los efectos.	La inducción es un modo de razonar que consiste en sacar de los hechos particulares una conclusión general. Es un razonamiento que analiza una porción de un todo, por lo que va de lo particular a lo general La deducción es un método de razonamiento que lleva a conclusiones partiendo de lo general, aceptado como válido, hacia aplicaciones particulares.	La comparación requiere cierta analogía entre las cosas comparadas y toda la dificultad reside precisamente en determinar el grado de dicha analogía

Nota: La Tabla 5 muestra un resumen de los métodos de investigación utilizados en el proyecto. Autoría propia con base en información de Baena (2017), Ramirez (sf), UAEH (2017) y (Behar, 2008, p. 40).

En la Tabla 6, se pueden apreciar los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Tabla 6

Métodos de Investigación Utilizados

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método Analítico	Método Inductivo - deductivo	Método Comparativo
1. Crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e	Se empleó para realizar un análisis de la globalidad del proyecto y establecer las estrategias para	Se utilizó el método deductivo para definir las acciones necesarias para lograr integrar el	Se realizó la comparación de las alternativas existentes para definir cuál es más adecuada de implementar para

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método Analítico	Método Inductivo - deductivo	Método Comparativo
interrelación en el proyecto.	lograr su integración.	proyecto mediante estrategias específicas a partir de la generalidad del proyecto.	lograr la gestión integral del proyecto.
2. Elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.	Se empleó para realizar un análisis de los requerimientos del proyecto para definir su alcance.	Se utilizó el método deductivo para definir objetivos específicos a partir de una necesidad general.	Se realizó un análisis de las alternativas existentes para definir cuál es más adecuada de implementar.
3. Crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del proyecto de forma exitosa.	Se utilizó para un realizar un análisis de los diferentes paquetes de trabajo desmembrándolos en sus partes para crear las estrategias adecuadas para lograr ejecutarlas en el menor tiempo posible	Se utilizó el método deductivo ya que se realizan conclusiones partiendo de lo general (paquetes de trabajo) hacia lo particular las actividades detalladas.	Se utilizó para comparar diferentes alternativas constructivas con el fin de definir las mejores opciones en cuanto a costos, tiempo y calidad.
4. Desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto, solo a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales.	Se requiere realizar un análisis de las actividades y recursos necesarios, descomponiéndolos en sus componentes más básicos, con el fin de definir los recursos y materiales que ofrezcan una mejor relación costo beneficio.	Se utilizó el método inductivo ya que se realizan conclusiones partiendo de lo particular (costos unitarios) para obtener conclusiones generales (cuales recursos y métodos dan mayor beneficio).	Se comparan diferentes alternativas de precios y sistemas constructivas con el fin de definir las mejores opciones en cuanto a costos.
5. Establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al	Se realizó un análisis de los entregables del proyecto a partir de los requerimientos y expectativas del	Se utilizó el método inductivo ya que a partir de requisitos de los elementos particulares se obtiene	Se comparó los requerimientos del proyecto con resultados anteriores y lecciones aprendidas para definir estrategias

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método Analítico	Método Inductivo - deductivo	Método Comparativo
cumplimiento de los requisitos establecidos.	cliente.	conclusiones generales para generar programas globales.	que permitan mejorar los estándares de calidad del proyecto.
6. Elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto.	Se realizó un análisis de los paquetes de trabajo descomponiéndoles para definir los recursos necesarios para desarrollar el proyecto.	Se utilizó el método inductivo ya que a partir del análisis de las actividades y requerimientos detallados se obtienen conclusiones generales sobre los requerimientos del proyecto.	Se comparó los requerimientos del proyecto con resultados anteriores y lecciones aprendidas para mejorar las estimaciones del proyecto.
7. Desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto.	Se realizó un análisis de los interesados del proyecto para determinar las estrategias que permitan un manejo adecuado de la información del proyecto.	Se usó el método deductivo ya que, a partir del conocimiento general de expectativas de los interesados, se diseñan estrategias para atender sus particularidades de acuerdo con la realidad del proyecto.	Se realizó un estudio comparativo de las expectativas de los interesados para homologar o definir estrategias particulares que permitan gestionar de forma adecuada las comunicaciones del proyecto.
8. Establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.	Se realizó un análisis detallado de todas las actividades del proyecto para identificar potenciales riesgos que pueden afectar el proyecto.	Se utilizó el método inductivo para a partir de los riesgos particulares, obtener conclusiones generales que permitan definir las estrategias adecuadas para su gestión.	Se comparó los riesgos y estrategias del proyecto con resultados anteriores y lecciones aprendidas de otros proyectos para mejorarlas y optimizarlas.
9. Elaborar un plan de	Se realizó un	Se utilizó el método	Se comparó los

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método Analítico	Método Inductivo - deductivo	Método Comparativo
gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto.	análisis detallado de todas las actividades del proyecto para determinar sus requerimientos.	inductivo para a partir de los requerimientos particulares del proyecto, obtener conclusiones generales sobre los programas de adquisiciones que se requieren para el proyecto.	requerimientos del proyecto con resultados anteriores y lecciones aprendidas de otros proyectos para mejorar los planes y programas de adquisiciones necesarios.
10. Crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones del proyecto, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.	Se realizó un análisis detallado de cada uno de los interesados del proyecto para obtener conclusiones generales que permitan definir las estrategias adecuadas para su gestión exitosa.	Se utilizó el método inductivo para a partir de los requerimientos particulares de los diferentes interesados del proyecto, obtener conclusiones generales sobre el plan para su adecuada gestión.	Se comparó los requerimientos y tipo de interesados del proyecto con resultados anteriores y lecciones aprendidas de otros proyectos para mejorar los planes de gestión de estos.

Nota: La Tabla 6 muestra los métodos de investigación utilizados, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia con base en información de Baena (2017), Ramirez (sf), UAEH (2017) y (Behar, 2008, p. 40).

3.3 Herramientas

En el PMBOK se identifican 132 herramientas y técnicas, las cuales no son únicas, ya que cada proyecto puede utilizar otras herramientas y técnicas. “Representan aquellas técnicas y herramientas que se consideran buenas prácticas en la mayoría de los proyectos, la mayoría de las veces” (PMI, 2017 p. 685).

Para Torres (2014) “toda herramienta es un medio o dispositivo que sirve para realizar mejor una operación cualquiera” (p. 9).

De acuerdo con los anteriores autores, las herramientas y técnicas son indispensables en los proyectos y son instrumentos tangibles o intangibles que el director de proyectos u otros miembros involucrados en el mismo, pueden utilizar con el objetivo de planificar, ejecutar, monitorear, controlar y cerrar el proyecto, facilitado de esta manera su gestión y la consecución del alcance.

En la Tabla 7 se muestran los grupos de herramientas y técnicas, así como las 132 que son recomendadas por el PMI para la Dirección de Proyectos.

Tabla 7

Herramientas y técnicas para la Dirección de Proyectos

Grupos de Herramientas y técnicas	Herramientas y técnicas
<p>Técnicas de recopilación de datos. Utilizadas para recopilar datos e información de diversas fuentes. Existen nueve herramientas y técnicas de recopilación de datos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Estudios Comparativos 2) Tormenta de ideas 3) Hojas de verificación 4) Listas de verificación 5) Grupos focales 6) Entrevistas 7) Investigación de mercado 8) Cuestionarios y encuestas 9) Muestreo estadístico
<p>Técnicas de análisis de datos. Utilizadas para organizar, examinar y evaluar datos e información. Existen 27 herramientas y técnicas de análisis de datos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Análisis de alternativas 2) Evaluación de otros parámetros de riesgo 3) Análisis de supuestos y restricciones 4) Costo de la calidad 5) Análisis costo-beneficio 6) Análisis mediante árbol de decisiones 7) Análisis de documentos 8) Análisis del valor ganado 9) Diagramas de influencias 10) Gráfica de trabajo pendiente en la iteración 11) Análisis de hacer o comprar 12) Revisiones del desempeño 13) Análisis de procesos

Grupos de Herramientas y técnicas	Herramientas y técnicas
	14) Evaluación de propuestas 15) Análisis de regresión 16) Análisis de reserva 17) Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos 18) Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos 19) Análisis de causa raíz 20) Análisis de sensibilidad 21) Simulación 22) Análisis de interesados 23) Análisis FODA 24) Análisis del desempeño técnico 25) Análisis de tendencias 26) Análisis de variación 27) Análisis de escenarios “¿Qué pasa si...?”
Técnicas de representación de datos. Utilizadas para mostrar representaciones gráficas u otros métodos utilizados para transmitir datos e información. Existen 15 herramientas y técnicas de representación de datos.	1) Diagramas de afinidad 2) Diagramas de causa y efecto 3) Diagramas de control 4) Diagramas de flujo 5) Diagramas jerárquicos 6) Histogramas 7) Modelo lógico de datos 8) Diagramas matriciales 9) Diagramas basados en una matriz 10) Mapeo mental 11) Matriz de probabilidad e impacto 12) Diagramas de dispersión 13) Matriz de evaluación de la participación de los interesados 14) Mapeo / representación de interesados 15) Formatos tipo texto
Técnicas para la toma de decisiones. Utilizadas para seleccionar un curso de acción entre diferentes alternativas. Existen dos herramientas y técnicas para la toma de decisiones.	1) Análisis de decisiones con múltiples criterios 2) Votación
Habilidades de comunicación. Se utilizan para transferir información entre los interesados.	1) Retroalimentación 2) Presentaciones

Grupos de Herramientas y técnicas
Herramientas y técnicas

Existen dos herramientas y técnicas para la comunicación.

Habilidades interpersonales y de equipo. Se utilizan para liderar e interactuar de manera efectiva con miembros del equipo y otros interesados. Existen 17 herramientas y técnicas de habilidades interpersonales y de equipo

- 1) Escuchar de forma activa
- 2) Evaluación de estilos de comunicación
- 3) Gestión de conflictos
- 4) Conciencia cultural
- 5) Toma de decisiones
- 6) Inteligencia emocional
- 7) Facilitación
- 8) Influencia
- 9) Liderazgo
- 10) Gestión de reuniones
- 11) Motivación
- 12) Negociación
- 13) Creación de relaciones de trabajo
- 14) Técnica de grupo nominal
- 15) Observación / conversación
- 16) Conciencia política
- 17) Desarrollo del espíritu de equipo

Herramientas y Técnicas no Agrupadas. Existen 60 herramientas y técnicas no agrupadas

- 1) Publicidad
 - 2) Planificación ágil de liberaciones
 - 3) Estimación análoga
 - 4) Auditorías
 - 5) Conferencia de oferentes
 - 6) Estimación ascendente
 - 7) Herramientas de control de cambios
 - 8) Administración de reclamaciones
 - 9) Co-ubicación
 - 10) Métodos de Comunicación
 - 11) Modelos de comunicación
 - 12) Análisis de requisitos de comunicación
 - 13) Tecnología de la comunicación
 - 14) Diagramas de contexto
 - 15) Estrategias de respuesta a Contingencias
 - 16) Costos agregados
 - 17) Método de la ruta crítica
 - 18) Descomposición
 - 19) Determinación e integración de las dependencias
 - 20) Diseñar para X
 - 21) Juicio de expertos
 - 22) Financiamiento
 - 23) Conciliación del límite de financiamiento
-

Grupos de Herramientas y técnicas	Herramientas y técnicas
	24) Reglas básicas
	25) Revisión de la información histórica
	26) Evaluaciones individuales y de equipo
	27) Gestión de la información
	28) Inspecciones
	29) Gestión del conocimiento
	30) Adelantos y retrasos
	31) Reuniones
	32) Teoría organizacional
	33) Estimación paramétrica
	34) Asignación previa
	35) Método de diagramación por precedencia
	36) Resolución de problemas
	37) Análisis del producto
	38) Sistema de Información para la dirección de proyectos
	39) Presentación de informes del proyecto
	40) Listas rápidas
	41) Prototipos
	42) Métodos de mejora de la calidad
	43) Reconocimiento y recompensas
	44) Representaciones de la incertidumbre
	45) Optimización de recursos
	46) Categorización de riesgos
	47) Planificación gradual
	48) Compresión del cronograma
	49) Análisis de la red del cronograma
	50) Análisis de selección de proveedores
	51) Estrategias para oportunidades
	52) Estrategias para el riesgo general del proyecto
	53) Estrategias para amenazas
	54) Planificación de pruebas e inspección
	55) Pruebas/ evaluaciones de productos
	56) Estimación por tres valores
	57) Índice de desempeño del trabajo por completar
	58) Capacitación
	59) Equipos virtuales

Nota: La Tabla 7 muestra las herramientas y técnicas que pueden utilizarse para la Dirección de Proyectos de acuerdo con el PKBOK. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

En la Tabla 8, se definen las herramientas utilizadas para cada objetivo propuesto.

Tabla 8*Herramientas Utilizadas*

Objetivos	Herramientas
1. Crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación en el proyecto.	1) Juicio de expertos 2) Recopilación de datos 3) Análisis de datos - Análisis de documentos 4) Toma de decisiones 5) Sistema de información para la dirección de proyectos 6) Representación de datos - Diagramas 7) Reuniones
2. Elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.	1) Juicio de expertos 2) Recopilación de datos - Estudios comparativos 3) Análisis de datos - Análisis de documentos 4) Toma de decisiones 5) Representación de datos - Tablas resumen - Esquemas - Diagramas 6) Descomposición
3. Crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del proyecto de forma exitosa.	1) Juicio de expertos 2) Análisis de datos 3) Descomposición 4) Sistema de información para la dirección de proyectos 5) Reuniones 6) Estimación análoga 7) Estimación paramétrica 8) Método de la ruta crítica 9) Optimización de recursos 10) Análisis de datos 11) Adelantos y retrasos
4. Desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los	1) Juicio de expertos 2) Análisis de datos 3) Reuniones 4) Sistema de información para la dirección de proyectos

Objetivos	Herramientas
costos del proyecto, solo a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales.	5) Estimación análoga 6) Estimación paramétrica 7) Revisar la información histórica 8) Conciliación del límite de financiamiento 9) Financiamiento 10) Índice de desempeño del trabajo por completar
5. Establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al cumplimiento de los requisitos establecidos.	1) Juicio de expertos 2) Recopilación de datos 3) Análisis de datos 4) Toma de decisiones 5) Representación de datos 6) Planificación de pruebas e inspección 7) Reuniones 8) Pruebas/evaluaciones de producto
6. Elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto.	1) Juicio de expertos 2) Representación de datos 3) Estimación ascendente 4) Estimación análoga 5) Estimación paramétrica 6) Análisis de datos 7) Sistema de información para la dirección de proyectos 8) Toma de decisiones 9) Capacitación 10) Evaluaciones individuales y de equipo 11) Habilidades interpersonales y de equipo 12) Resolución de problemas
7. Desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto.	1) Juicio de expertos 2) Análisis de requisitos de comunicación 3) Tecnología de la comunicación 4) Modelos de comunicación 5) Métodos de comunicación 6) Habilidades interpersonales y de equipo 7) Representación de datos 8) Reuniones 9) Sistema de información para la dirección de proyectos 10) Presentación de informes del

Objetivos	Herramientas
8. Establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.	<p data-bbox="824 359 938 390">proyecto</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Juicio de expertos 2) Análisis de datos 3) Reuniones 4) Recopilación de datos 5) Habilidades interpersonales y de equipo 6) Listas rápidas 7) Categorización de riesgos 8) Representación de datos 9) Estrategias para amenazas 10) Estrategias para oportunidades 11) Estrategias de respuesta a contingencias 12) Estrategias para el riesgo general del proyecto 13) Análisis de datos 14) Toma de decisiones
9. Elaborar un plan de gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Juicio de expertos 2) Recopilación de datos 3) Análisis de datos 4) Criterios de selección de proveedores 5) Publicidad 6) Conferencia de oferentes 7) Administración de reclamaciones 8) Inspección 9) Auditorías
10. Crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones del proyecto, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Juicio de expertos 2) Recopilación de datos 3) Análisis de datos 4) Representación de datos 5) Toma de decisiones 6) Habilidades de comunicación 7) Habilidades interpersonales y de equipo 8) Reglas básicas

Nota: La Tabla 7 muestra las herramientas utilizadas, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

3.4 Supuestos y restricciones

Las restricciones y los supuestos para los proyectos, tanto los estratégicos como los operativos de alto nivel, normalmente se identifican en el caso de negocio antes de que el proyecto se inicie y se reflejan luego en el acta de constitución del proyecto. Sin embargo, en algunos casos, donde no existe caso de negocios, ya sea porque el proyecto es de menor dimensión o por alguna otra particularidad, los mismos se identifica en la etapa de planificación. Igualmente, los supuestos sobre actividades y tareas de menor nivel se generan a lo largo del proyecto, tal como definir las especificaciones técnicas, las estimaciones, el cronograma, los riesgos, etc. El registro de supuestos se utiliza para registrar todos los supuestos y restricciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto (PMI, 2017, p. 80).

“Los supuestos son factores que son aceptados como verdaderos y deberían ocurrir para el éxito del proyecto, y las restricciones son elementos que limitan al proyecto” (Lledó, 2017, p. 96).

De acuerdo con Medina (2009), los proyectos dependen de factores externos que, de acuerdo con las proyecciones realizadas necesariamente deberán cumplirse para obtener los resultados definidos en la planificación del proyecto.

Igualmente deberán cumplirse las precondiciones requeridas para que los insumos permitan realizar las actividades programadas, a esta serie de factores se les conoce como supuestos, es decir que el equipo planificador asume que son condiciones verdaderas, con base en las cuales, los objetivos serán alcanzados, bajo esta condición, los supuestos son a su vez un riesgo del proyecto, ya que se asume que van a cumplirse, sin embargo, es claro que podría no ser así. (p. 28).

Para el presente estudio, en la Tabla 9 se muestran los supuestos y restricciones que se han identificado y cómo los mismos se relaciones con los objetivos del proyecto final de graduación.

Tabla 9*Supuestos y restricciones*

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación en el proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se cuenta con acceso a los especialistas en el tema del proyecto. - Se cuenta con expertos en la ejecución de proyectos a los cuales consultar 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo. - No se cuenta con expertos en la creación de Planes de gestión de la integración a los cuales consultar.
2. Elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se cuenta con acceso a los especialistas en el tema. - Se cuenta con guías y planes de ejemplo para guiar el proceso de elaboración. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo.
3. Crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del proyecto de forma exitosa.	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se tiene mapeadas las actividades, sus duraciones y secuencias. - Se cuenta con el software especializado para la elaboración del entregable. - Se tiene acceso a expertos en el manejo de software especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
<p>4. Desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto, solo a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se cuenta con acceso a los especialistas en el tema. - Se cuenta con datos genéricos de costos. - Se tienen mapeadas las actividades, sus duraciones y recursos requeridos. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo. - Se deberá emplear datos genéricos externos a la empresa por asuntos de protección de la información.
<p>5. Establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al cumplimiento de los requisitos establecidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se tiene identificadas muchas de las variables críticas. - Se cuenta con personal con experiencia en el tema de calidad para realizar consultas y solicitar asesoría. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo.
<p>6. Elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se dispone de información histórica suficiente sobre los recursos requeridos. - Se cuenta con expertos en el tema de adquisiciones para realizar consultas y solicitar asesoría. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo. - Las tecnologías cambian por lo que debe analizarse si el uso, o tipo de recursos actuales es el adecuado.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
<p>7. Desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se cuenta con acceso a los especialistas en el tema de comunicaciones para realizar consultas y solicitar asesoría. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo.
<p>8. Establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se cuenta con acceso a los especialistas en el tema. - Se dispone de matrices de proyectos anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo.
<p>9. Elaborar un plan de gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se cuenta con acceso a los especialistas en el tema. - Se conoce la totalidad de requerimientos del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo.
<p>10. Crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones del proyecto, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se dispone de la información requerida. - Se identifica a todos los interesados del proyecto. - Se cuenta con los recursos para el desarrollo de las estrategias. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo disponible para el desarrollo del proyecto se limita a tres meses. - La dedicación del responsable del proyecto no es a tiempo completo. - No es posible interactuar con todos los interesados del proyecto.

Nota: La Tabla 9 muestra supuestos y restricciones utilizadas en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.5 Entregables

Diferentes autores coinciden en que un entregable es un resultado u objetivo del proyecto que tiene la característica de ser un producto, un resultado o capacidad único que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto.

“Los entregables son componentes típicamente tangibles completados para alcanzar los objetivos del proyecto y pueden incluir componentes del plan para la dirección del proyecto” (PMI, 2017, p. 101).

También un entregable puede definirse como “los servicios, bienes y trabajos que produce el proyecto, mediante la ejecución de los paquetes de trabajo” (BID, 2017).

De acuerdo con los autores anteriores, los entregables son los diferentes componentes en los que por estrategia se divide el producto final del proyecto con el objetivo de hacerlo más manejable y obtener un mejor seguimiento y control del avance, los costos y la calidad del proyecto. Como ejemplo del presente estudio, el producto definido es la elaboración del Plan de Gestión del Proyecto, y los entregables o componentes de ese producto, son los diferentes planes (integración, alcance, cronograma, costos, etc.) que lo componen.

En la Tabla 10 se muestran los entregables definidos para cada uno de los objetivos planteados.

Tabla 10

Entregables del proyecto

Objetivos	Entregables
1. Crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación en el proyecto.	Plan de gestión de la integración del proyecto. En el entregable, se define cómo se gestionará el proyecto de forma integral para asegurar el éxito del mismo.

Objetivos	Entregables
2. Elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.	Plan de Gestión del Alcance, Plan de gestión de los requisitos. En el entregable, se establece el trabajo que debe realizarse para finalizar el proyecto de acuerdo con lo planificado.
3. Crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del proyecto de forma exitosa.	Plan de Gestión del Cronograma: cronograma detallado del proyecto, cronograma de red del proyecto, duraciones de las actividades. En el entregable, se establece el plan para garantizar que el proyecto se finalice en el tiempo definido.
4. Desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto, solo a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales.	Plan de Gestión de los Costos: plantilla para estimación genérica de costos. En el entregable, se establece cuáles son los costos en los que se debe incurrir con el objetivo de cumplir con el alcance definido para el proyecto.
5. Establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al cumplimiento de los requisitos establecidos.	Plan de Gestión de la Calidad: métricas de calidad, plantillas para informes de calidad, matriz de control para verificación de calidad de los entregables. En el entregable, se establece los parámetros de calidad que deben cumplirse para asegurar que los entregables satisfagan los requisitos del cliente.
6. Elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto.	Plan de Gestión de los Recursos: listado de recursos requeridos, la estructura de desglose de recursos, calendario de recursos, el plan de evaluación de desempeño. En el entregable, se define las necesidades de recursos que presenta el proyecto para lograr su ejecución de forma exitosa.
7. Desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el	Plan de Gestión de las comunicaciones: matriz de comunicaciones, cronograma

Objetivos	Entregables
<p>enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto.</p>	<p>de comunicaciones. En el entregable, se establece el plan de comunicaciones que debe implementarse en el proyecto con el fin de garantizar un adecuado flujo de información que contribuya a su éxito.</p>
<p>8. Establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.</p>	<p>Plan de Gestión de los Riesgos: registro de riesgos, matriz de evaluación de riesgos, estructura de desglose de riesgos. Se establecen las acciones a seguir con el fin de mantener el riesgo del proyecto dentro del límite definido como aceptable para el proyecto.</p>
<p>9. Elaborar un plan de gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto.</p>	<p>Plan de Gestión de las adquisiciones: estrategia de adquisiciones, listado de requerimientos, matriz de criterios de selección, matriz de decisiones de hacer o comprar. En el entregable, se establecen las acciones y estrategias para lograr el suministro adecuado de insumos según las necesidades del proyecto.</p>
<p>10. Crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones del proyecto, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.</p>	<p>Plan de Gestión de los Interesados: matriz para identificación de interesados, registro de interesados, plan de involucramiento de interesados. En el entregable, se establece la forma en la que debe gestionarse a los diferentes interesados del proyecto con el objetivo de lograr su apoyo al proyecto, o gestionarlos de forma que no afecten los objetivos de este.</p>

Nota: La Tabla 10 muestra los entregables del proyecto, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

4. Desarrollo

4.1 Plan de Gestión de la Integración

De acuerdo con el PMI (2017) la Gestión de la Integración del Proyecto incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos. En el contexto de la dirección de proyectos, la integración incluye características de unificación, consolidación, comunicación e interrelación. Estas acciones deberían aplicarse desde el inicio del proyecto hasta su conclusión (p. 69).

En la Tabla 11 se muestra los diferentes procesos que constituyen el Plan de Gestión de la Integración del Proyecto.

Tabla 11

Procesos de la gestión de la integración del proyecto.

Proceso	Descripción	Plan de integración
1. Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto.	Es el proceso de desarrollar un documento que autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al director del proyecto la autoridad para aplicar los recursos de la organización a las actividades del proyecto.	Con base en el estudio de factibilidad y la aprobación del desarrollo geotérmico respectivo, el director del proyecto es el responsable de realizar al acta de constitución y presentarla al patrocinador para su respectiva aprobación.
2. Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto.	Es el proceso de definir, preparar y coordinar todos los componentes del plan y consolidarlos en un plan integral para la dirección del proyecto.	El director del proyecto en conjunto con el equipo de proyecto (Equipo Director), con base en chárter aprobado, prepara el plan para la dirección del proyecto y lo presenta al patrocinador para su respectiva aprobación.
3. Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto.	Es el proceso de liderar y llevar a cabo el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto e implementar los cambios aprobados para alcanzar los objetivos del proyecto.	El equipo director del proyecto elabora el plan para dirigir y gestionar el trabajo del proyecto, el cual incluye, los datos de desempeño del trabajo y el formato para el registro de incidentes y para la gestión de cambios.
4. Gestionar el Conocimiento del	Es el proceso de utilizar el conocimiento existente y crear	El equipo director elabora el Plan para la Gestión del Conocimiento el cual

Proceso	Descripción	Plan de integración
Proyecto.	nuevo conocimiento para alcanzar los objetivos del proyecto y contribuir al aprendizaje organizacional.	incluye la forma en la cual se deben registrar las lecciones aprendidas, así como el registro histórico existente, adicionalmente como se deben las mismas incorporar al Plan de Dirección del Proyecto y a los activos de la organización.
5. Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto.	Es el proceso de hacer seguimiento, revisar e informar el avance general a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto.	El equipo director elabora el Plan para Monitorear y Controlar el Trabajo, el cual incluye los informes de desempeño a presentar, los parámetros para solicitar cambios y la forma en la que se deben actualizar el plan de gestión del proyecto o los documentos del proyecto.
6. Realizar el Control Integrado de Cambios.	Es el proceso de revisar todas las solicitudes de cambio, aprobar y gestionar los cambios a entregables, activos de los procesos de la organización, documentos del proyecto y al plan para la dirección del proyecto, y comunicar las decisiones.	El equipo director debe definir la forma en la que se aprueban las solicitudes de cambio y como y la forma en la que se deben actualizar el plan de gestión del proyecto o los documentos del proyecto.
7. Cerrar el Proyecto o Fase.	Es el proceso de finalizar todas las actividades para el proyecto, fase o contrato.	El equipo director debe definir la forma en la que se transfiere el producto final al cliente, el formato del informe de cierre del proyecto, y la forma en la que se deben actualizar el plan de gestión del proyecto o los documentos del proyecto.

Nota: La Tabla 11 muestra los procesos que componen la gestión de la integración del proyecto (PMI, 2017, p. 70).

4.1.1 Desarrollar el acta de constitución del proyecto

El acta de constitución del proyecto o chárter es el documento que formaliza o autoriza la implementación del proyecto. Es el documento de partida para todas las gestiones y actividades que se requieren, este proceso tiene como salidas el acta de constitución y el registro de supuestos. El acta de constitución para el Proyecto de Construcción de Pozos Geotérmicos se muestra en el Anexo 4.

4.1.2 Desarrollar el plan para la dirección del proyecto

Desarrollar el plan para la dirección del proyecto “es el proceso de definir, preparar y coordinar todos los componentes del plan y consolidarlos en un plan integral para la dirección del proyecto” (PMI, 2017, p. 70). Por lo anterior en el plan de la dirección del proyecto se incluyen todos los planes requeridos para el proyecto.

Tabla 12

Componentes del plan para la dirección del proyecto

Componente	Descripción	Que incluye
1. Plan de Gestión del Alcance.	Establece el modo en que el alcance será definido, desarrollado, monitoreado, controlado y validado.	Se establece el trabajo que debe realizarse para finalizar el proyecto de acuerdo con lo planificado.
2. Plan de Gestión de requisitos	Establece cómo se analizarán, documentarán y gestionarán los requisitos	Define cuales son los requisitos que debe cumplir el o los entregables.
3. Plan de Gestión del Cronograma.	Establece los criterios y las actividades a llevar a cabo para desarrollar, monitorear y controlar el cronograma	Se incluye el cronograma detallado del proyecto, la ruta crítica, duraciones de las actividades. Se establece el plan para garantizar que el proyecto se finalice en el tiempo definido.
4. Plan de Gestión de los Costos	Establece la forma en que se planificarán, estructurarán y controlarán los costos	Se define la plantilla para estimación genérica de costos. Se establece cuáles son los costos en los que se debe incurrir con el objetivo de cumplir con el alcance definido para el proyecto.
5. Plan de Gestión de la Calidad.	Establece la forma en que las políticas, metodologías y estándares de calidad de una organización se implementarán en el proyecto	Se incluyen métricas de calidad, plantillas para informes de calidad, matriz de control para verificación de calidad de los entregables. Se establece los parámetros de calidad que deben cumplirse para asegurar que los entregables satisfagan los requisitos del cliente.
6. Plan de Gestión de los Recursos	Proporciona una guía sobre cómo se deberían categorizar, asignar, gestionar y liberar los recursos del proyecto	Se incluyen el listado de recursos requeridos, la estructura de desglose de recursos, los roles responsabilidades y competencias, el plan de evaluación de desempeño. Se define las necesidades de recursos que presenta el proyecto para lograr su ejecución de forma exitosa.
7. Plan de Gestión de las comunicaciones	Establece cómo, cuándo y por medio de quién se	Se incluyen la matriz de comunicaciones, cronograma de comunicaciones. Se establece el

Componente	Descripción	Que incluye
	administrará y difundirá la información del proyecto	plan de comunicaciones que debe implementarse en el proyecto con el fin de garantizar un adecuado flujo de información que contribuya a su éxito.
8. Plan de Gestión de los Riesgos.	Establece el modo en que se estructurarán y se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos.	Se incluyen el registro de riesgos, matriz de evaluación de riesgos, estructura de desglose de riesgos. Se establecen las acciones a seguir con el fin de mantener el riesgo del proyecto dentro del límite definido como aceptable para el proyecto.
9. Plan de Gestión de las adquisiciones	Establece cómo el equipo del proyecto adquirirá bienes y servicios desde fuera de la organización ejecutante.	Se incluyen la estrategia de adquisiciones, las plantillas de listados de requerimientos, los criterios de selección. Se establecen las acciones y estrategias para lograr el suministro adecuado de insumos según las necesidades del proyecto.
10. Plan de Gestión de los Interesados.	Establece cómo se involucrará a los interesados en las decisiones y la ejecución del proyecto, según sus necesidades, intereses e impacto.	Se incluyen la matriz para identificación de interesados, registro de interesados, plan de involucramiento de interesados. Se establece la forma en la que debe gestionarse a los diferentes interesados del proyecto con el objetivo de lograr su apoyo al proyecto, o gestionarlos de forma que no afecten los objetivos de este.

Nota: La Tabla 12 muestra los Componentes del plan para la dirección del proyecto. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

Cada uno de los planes componentes del Plan para la Dirección el Proyecto se desarrollan en los apartados generales del presente capítulo.

4.1.3 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto

Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto es el proceso de liderar y llevar a cabo el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto e implementar los cambios aprobados para alcanzar los objetivos del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que proporciona la dirección general del trabajo y los entregables del proyecto, mejorando así la probabilidad de éxito del proyecto (PMI, 2017, p. 90).

Las salidas de este proceso son los entregables, los datos de desempeño del trabajo, el registro de incidentes, las solicitudes de cambio y la forma en la que se actualizan los documentos del proyecto y los activos de la organización.

4.1.3.1 Entregables y datos de desempeño del trabajo del proyecto

Para el proyecto el entregable es un pozo terminado y con la capacidad, según el alcance definido, de producir salmuera/vapor o de reinyectar salmuera, en ambos casos de forma segura. De acuerdo con el PMI (2017) “Los datos de desempeño del trabajo son las observaciones y mediciones brutas identificadas durante las actividades ejecutadas para llevar a cabo el trabajo del proyecto. Los datos se consideran a menudo como el nivel más bajo de detalle del que pueden extraer información otros procesos. Los datos se recopilan a través de la ejecución de los trabajos y se pasan a los procesos de control para su posterior análisis” (p. 95). En la Tabla 13 se muestran los diferentes datos que deben ser recolectados para alimentar los indicadores que serán utilizados para controlar el desempeño del proyecto.

Tabla 13

Datos de desempeño del trabajo del proyecto

Entregable: Pozos Geotérmicos			
Componente	Indicadores de desempeño	Fórmula	índice esperado
1. Validar y controlar el alcance.	Entregables completados y aceptados por el cliente	Entregables aceptados por el cliente / entregables programados.	≥ 1
	Cumplimiento de hitos,	Hitos cumplidos /Hitos programados	≥ 1
2. Controlar el cronograma	Variación del cronograma (SV).	$SV=EV-PV$	≥ 0
	Índice de desempeño del cronograma (SPI)	$SPI=EV/PV$	≥ 1
3. Controlar los costos.	Variación del Costo (CV)	$CV=EV-AC$	≥ 0
	Índice de desempeño del costo (CPI)	$CPI=EV/AC$	≥ 1
	Valor Ganado.	Avance real * Costo presupuestado	\geq costo real
4. Controlar la calidad	Índice de desempeño del Plan de Gestión de Calidad.	% de requisitos que cumplieron los	≥ 1

Entregable: Pozos Geotérmicos			
Componente	Indicadores de desempeño	Fórmula	índice esperado
		intervalos de aceptación/número de requisitos	
5. Controlar los recursos.	Índice de desempeño del Plan de Gestión de los Recursos.	Recursos disponibles /Recursos programados	≥ 1
6. Monitorear y controlar las comunicaciones.	Índice de desempeño del Plan de Gestión de Comunicaciones.	Acciones ejecutadas que demuestren ser efectivas /Acciones programadas	≥ 1
7. Monitorear y controlar los riesgos	Índice de desempeño del Plan de Gestión de Riesgos.	Acciones ejecutadas que demuestren ser efectivas /Acciones programadas	≥ 1
9. Controlar las adquisiciones	Índice de desempeño del Plan de Gestión de Adquisiciones.	Adquisiciones ejecutadas que demuestren ser efectivas/Acciones programadas	≥ 1
10. Monitorear el involucramiento de los Interesados.	Índice de desempeño del Plan de Gestión de Interesados.	Adquisiciones ejecutadas que demuestren ser efectivas /Acciones programadas	≥ 1
11. Controlar los cambios	Cambios aprobados	Número de cambios aprobados / Número de cambios definidos como aceptables	≤ 1

Nota: La Tabla 13 muestra plan para dirigir y gestionar el trabajo del proyecto. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

4.1.3.2 Gestión de los incidentes del proyecto

De acuerdo con el PRISM las incidencias se definen como riesgos u oportunidades que no pueden ser gestionadas por el director del proyecto, debido a que no tiene la autoridad ni los

recursos para tratarla (GPM, 2018, p. 85). Para realizar la gestión de los incidentes del proyecto se utilizará la siguiente estrategia:

Identificación: Cualquier miembro del equipo de proyectos o interesado puede identificar un incidente, en caso de hacerlo lo comunicará al comité de gestión el cual procederá a tratarlo de acuerdo con el procedimiento definido para el proyecto. Los interesados en la gestión de los incidentes son los siguientes: Patrocinador del proyecto, Equipo de proyecto, Director de Proyecto y los Beneficiarios del Proyecto

Registro: Se deberá llevar un registro de incidentes lo cual se utilizará la plantilla mostrada en la Figura 20.

Figura 20

Plantilla para el registro de incidentes del proyecto.

REGISTRO DE INCIDENTES DEL PROYECTO			
PROYECTO		RESPONSABLE	
Número	Proceso	Fecha	
Tipo de incidente	Quién lo plantea		
Descripción del incidente			
Prioridad	Responsable del incidente	Fecha límite de resolución	Estado
Solución Final			
Aprueba	Firma	Fecha	

Nota: La Figura 20 muestra la plantilla para el registro de incidentes del proyecto. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

Clasificación: Cada una de las incidencias registradas debe ser categorizada, se le debe definir un nivel de prioridad, con base en el cual se define la forma de escalarla. La clasificación de los incidentes se realizará de acuerdo con su impacto y urgencia para lo cual se utilizará la escala de valoración que se muestra en la Figura 21.

Figura 21

Matriz para la clasificación de incidentes.

		Impacto	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Urgencia			0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Muy alta	0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	
Alta	0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	
Moderada	0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	
Baja	0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	
Muy baja	0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	

Nota: La Figura 21 muestra la plantilla para la clasificación de incidentes del proyecto, se considera una prioridad/impacto alta en el rango de 0,18 a 0,99, media en un rango de 0,05 a 0,17 y baja de 0,01 a 0,04. Autoría propia.

Diagnóstico: Se debe examinar con detalle la incidencia para definir si puede identificarse alguna ya registrada con la que pueda asociarse u homologarse y de esta manera aplicar el procedimiento que se ha definido previamente.

Escalamiento: Una vez clasificado y diagnosticado el incidente se debe realizar la transferencia. Los incidentes de Media y Baja prioridad serán escalados por parte del Director de Proyecto al Patrocinador para su respectiva solución. Para esto se utilizará la plantilla de seguimiento de incidentes mostrada en la Figura 20, el responsable asignado deberá encargarse del seguimiento desde que es escalado hasta que se obtenga la solución, misma que deberá documentarse.

Los incidentes de alta prioridad serán escalados al Comité de Proyectos para que sean atendidos y se informará al Patrocinador. El procedimiento será el mismo de los incidentes de media y baja prioridad.

Seguimiento y control: El responsable definido para el seguimiento del incidente deberá monitorear el avance hasta lograr su solución y registro final.

En la Figura 22 se muestra el resumen de la forma en la cual se deben manejar los incidentes que se presenten para el proyecto.

Figura 22

Resumen del proceso para la gestión de incidentes.

Gestión de los Incidentes del Proyecto							
Acción	Identificación	Registro	Clasificación	Diagnóstico	Transferencia	Seguimiento y Control	Solución
Procedimiento	Cada incidente identificado debe ser comunicado para su adecuado registro y gestión.	Se debe llevar un registro de todos los incidentes presentados	Cada incidencia registrada se debe clasificar para definir si nivel de prioridad / impacto	La incidencia se diagnostica para determinar si se puede homologar con otras existentes	Una vez definida su prioridad e impacto se debe proceder a transferir la incidencia.	A cada incidencia se le asigna un responsable de seguimiento hasta que este resuelta y documentada	Se debe resolver la incidencia para evitar riesgosa futuro.
Interesados	✓						
Equipo gestor de Incidentes		✓	✓	✓			
Director del Proyecto			✓	✓	✓	✓	
Responsable de seguimiento						Se debe realizar el seguimiento de la incidencia hasta su resolución.	
Patrocinador					Recibe las incidencias de Baja y Media Prioridad / Impacto		✓
Comité de Proyecto					Recibe las incidencias de Alta Prioridad / Impacto		✓

Nota: La Figura 22 muestra el esquema de la gestión de incidentes del proyecto. Autoría propia.

4.1.4 Gestionar el conocimiento del proyecto

Gestionar el conocimiento del proyecto es el proceso de utilizar el conocimiento existente y crear nuevo conocimiento para alcanzar los objetivos del proyecto y contribuir al aprendizaje organizacional. Los beneficios clave de este proceso son que el conocimiento organizacional previo se aprovecha para producir o mejorar los resultados del proyecto y que el conocimiento creado por el proyecto está disponible para apoyar las operaciones de la organización y los futuros proyectos o fases (PMI, 2017, p. 98).

Para la gestión del conocimiento se llevará el registro de las lecciones aprendidas mediante el uso de la plantilla mostrada en la Figura 23.

Figura 23

Plantilla para el registro de lecciones aprendidas.

REGISTRO DE LECCIONES APRENDIDAS		
PROYECTO		RESPONSABLE
Número	Proceso	Fecha
Descripción de la Lección Aprendida		
Acción planteada		
Análisis y recomendaciones		
Activos de los procesos de la organización que pueden verse afectados		
Aprueba	Firma	Fecha

Nota: La figura 23 muestra la plantilla para el registro de lecciones aprendidas. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

4.1.5 Monitorear y controlar el trabajo del proyecto.

Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto es el proceso de hacer seguimiento, revisar e informar el avance general a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto. Los beneficios clave de este proceso son que permite a los interesados comprender el estado actual del proyecto, reconocer las medidas adoptadas para abordar los problemas de desempeño y tener visibilidad del estado futuro del proyecto con los pronósticos del cronograma y de costos (PMI, 2017, p. 105).

Para facilitar la gestión de monitoreo y controlar el trabajo se establece el cuadro de mando que se muestra en la Figura 24, el cual permite visualizar de forma rápida y gráfica el comportamiento de los diferentes componentes del proyecto.

Figura 24

Plantilla para el control del proceso dirigir y controlar el trabajo del proyecto.

Componente		Indicador	Fórmula	Valor	Alertas	Plan de Acción
Elemento	DP	Duración del proyecto (días)	-			
	PV	Valor planeado	-			
	AC	Costo Real	-			
	BAC	Presupuesto del proyecto	-			
	EV	Valor ganado	Pv*% de cumplimiento			
Alcance	CHI	Cumplimiento de hitos	Hitos cumplidos/Hitos programados			
	CCA	Cumplimiento de cambios	Cambios aprobados/Cambios definidos			
	TCPI _{EAC}	Índice desempeño del trabajo por completar según estimación	(BAC-EV)/(EAC-AC)			
	TCPI _{BAC}	Índice desempeño del trabajo por completar según presupuesto	(BAC-EV)/(BAC-AC)			
Cronograma	SV	Variación del tiempo	EV-PV			
	SPI	Índice desempeño del tiempo	EV/PV			
	EAC _{Tiempo}	Estimación a la conclusión de tiempo	Duración/SPI			
	VAC	Variación a la conclusión	BAC-EAC			
Costo	CV	Variación del costo	EV-AC			
	CPI	Índice desempeño del costo	EV/AC			
	EAC _{Costo}	Estimación a la conclusión de costo	BAC/CPI			
	ETC	Estimación hasta la conclusión	EAC-AC = (BAC-EV)/CPI			
Calidad	IDCA	Índice de desempeño de la calidad	Requisitos dentro de rango/número de requisitos			
Recursos	IDRE	Índice de desempeño de los recursos.	Recursos disponibles /Recursos programados			
Comunicaciones	IDCO	Índice de desempeño de las comunicaciones.	Acciones ejecutadas/Acciones			
Riesgos	IDRI	Índice de desempeño de los riesgos	Acciones ejecutadas/Acciones programadas			
Adquisiciones	IDAD	Índice de desempeño de las adquisiciones	Adquisiciones ejecutadas/Acciones programadas			
Interesados	IDII	Índice de desempeño del involucramiento de los Interesados.	Adquisiciones ejecutadas/Acciones programadas			

Nota: La figura 24 muestra el Tablero para el control del trabajo del proyecto. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

4.1.6 Realizar el control integrado de cambios

Realizar el Control Integrado de Cambios es el proceso de revisar todas las solicitudes de cambio; aprobar y gestionar cambios a entregables, documentos del proyecto y al plan para la dirección del proyecto; y comunicar las decisiones. Este proceso revisa todas las solicitudes de cambio a documentos del proyecto, entregables o plan para la dirección del proyecto y determina la resolución de las solicitudes de cambio. El beneficio clave de este proceso es que

permite que los cambios documentados dentro del proyecto sean considerados de una manera integrada y simultáneamente aborda el riesgo general del proyecto, el cual a menudo surge de cambios realizados sin tener en cuenta los objetivos o planes generales del proyecto (PMI, 2017, p. 113). Para realizar la gestión integrada de cambios se define la plantilla mostrada en la Figura 25. Esta herramienta permite llevar un control adecuado de las aprobaciones y registro de los cambios del proyecto.

Figura 25

Plantilla para el Control Integrado de Cambios.

DETALLE DEL CAMBIO PROPUESTO		
Proyecto	Responsable	
Número del cambio	Fecha	
Descripción del cambio		
Descripción del origen del cambio (errores de diseño, omisión en planos, deficiencias en la planificación, cambios en la formación, deficiencias de la formación, comportamiento anormal de las estructuras, etc.).		
Identificación de Impactos en Alcance, tiempo, Costo, Calidad.		
Solicita	Fecha	Firma
Aprueba () Rechaza ()	Fecha	Firma
Justificación		

Nota: La figura 25 muestra la plantilla para el formato para el control de cambios del proyecto. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

4.1.7 Cerrar el proyecto o fase

Cerrar el Proyecto o Fase es el proceso de finalizar todas las actividades para el proyecto, fase o contrato. Los beneficios clave de este proceso son que la información del proyecto o fase se archiva, el trabajo planificado se completa y los recursos del equipo de la organización se liberan para emprender nuevos esfuerzos. Este proceso se lleva a cabo una única vez o en puntos predefinidos del proyecto. Las actividades de cierre incluyen, la actualización de los documentos del proyecto (base de datos de costos, base de datos de lecciones aprendidas, incidentes del proyecto, riesgos, recomendaciones generales), la

transferencia oficial del producto una vez que ha sido aceptado por el cliente, la liberación de los recursos no requeridos y la elaboración del informe final, en el cual se detallan los resultados obtenidos en el proyecto en cuanto al logro en el cumplimiento de los objetivos planteados para el proyecto, el nivel de satisfacción del cliente con los entregables, el listado y detalle de las lecciones aprendidas del proyecto, del control de cambios y las recomendaciones del Director y el Equipo de Proyecto para ser incorporadas a nuevos proyectos. El cierre del proyecto lo realiza el Director junto con el Equipo de Proyecto para lo cual se debe utilizar la plantilla mostrada en la Figura 26, esta herramienta permite realizar un adecuado del cierre del proyecto o la fase e indica los registros que deben presentarse y actualizarse.

Figura 26

Plantilla para el control del cierre del proyecto.

INFORME DE CIERRE DEL PROYECTO			
Proyecto	Responsable	Fecha	
Desempeño del Proyecto			
Objetivos	Meta	Real	Descripción de resultados
1.			
n.			
Entregables del proyecto			
Entregable	Recibido a satisfacción por el cliente		Justificación
1.	Si ()	No ()	
n.	Si ()	No ()	
Riesgos Materializados			
Riesgo	Estrategia	Acciones aplicadas	Recomendaciones
1.			
n.			
Lecciones Aprendidas			
Situación presentada		Acción planteada	
1.			
n.			
Cambios Aprobados			
Fecha	Descripción	Justificación	
1.			
n.			
Recomendaciones Generales			
Aprueba	Fecha	Firma	

Nota: La figura 26 muestra la plantilla para el formato para el control de cierre del proyecto, dentro de los objetivos se debe incluir el alcance, calidad, costos y cronograma. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

4.2 Plan de Gestión del Alcance

La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito. Gestionar el alcance del proyecto se enfoca primordialmente en definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto (PMI, 2017, p. 129).

De acuerdo con el PMI (2017) el acta de constitución del proyecto y el enunciado del alcance del proyecto no son lo mismo, ya que difieren en el nivel de detalle que contienen. “El acta de constitución del proyecto contiene información de alto nivel, mientras que el enunciado del alcance del proyecto contiene una descripción detallada de los componentes del alcance (p. 154). De acuerdo con el PMI (2017), los entregables son un producto, resultado o capacidad único y verificable, mientras que los criterios de aceptación son el conjunto de condiciones que debe cumplir el entregable para que sea aceptado por el cliente (p. 154).

Dada las particularidades de los proyectos de construcción de pozos geotérmicos, en primera instancia se requiere definir el esquema general del proyecto en el cual se definen la cantidad y la ubicación de los pozos que se deben perforar para completar el proyecto. Igualmente, para cada nuevo pozo se debe definir el alcance específico ya que el mismo dependerá de los resultados del anterior y de las actualizaciones del modelo general del campo. Para cada pozo se realiza una reunión de coordinación de los grupos de Perforación, Geología, Geoquímica e Ingeniería de Yacimientos, en la cual se definirá el alcance. La tabla 14, muestra los componentes del Plan de Gestión del Proyecto.

Tabla 14
Plan de gestión del alcance del proyecto.

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión del Alcance.	Es el proceso de crear un plan de gestión del alcance que documente cómo se va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto y del	Para la planificación del alcance se deben realizar reuniones de coordinación entre el Director, Geología, Geoquímica, Ingeniería de Yacimientos. Dependiendo de los resultados obtenidos en el estudio de Factibilidad, se define la secuencia de perforación. Para la planificación de cada pozo, el grupo geocientífico

Proceso	Descripción	Gestiones
	producto.	propone los objetivos a alcanzar en el pozo. Con esta información el grupo de Perforación debe preparar el acabado de pozo y el plan de construcción específico.
2. Recopilar Requisitos.	Es el proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y los requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto.	El grupo Geocientífico debe presentar la proyección geocientífica en la cual se definen los requisitos que debe tener el pozo en cuanto al objetivo profundo a alcanzar, esto de acuerdo con la proyección de zonas permeables y composición estratigráfica realizada. Con base en estos requisitos el equipo de perforación elabora una propuesta del acabado del pozo.
3. Definir el Alcance.	Es el proceso de desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.	Para cada pozo con los insumos de la proyección geocientífica y la propuesta de acabado de pozo, se genera una reunión de coordinación para acordar al acabado, el direccionamiento y la profundidad a la que se llevará el pozo.
4. Crear la EDT/WBS.	Es el proceso de subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar.	Una vez el alcance del proyecto, el equipo director prepara la EDT.
5. Validar el Alcance.	Es el proceso de formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se hayan completado.	Conforme se ejecuta el proyecto, el director debe evaluar de forma constante los resultados de desempeño que se obtienen de los diferentes indicadores del proyecto para corroborar el cumplimiento de los requisitos definidos.
6. Controlar el Alcance.	Es el proceso de monitorear el estado del proyecto y del alcance del producto, y de gestionar cambios a la línea base del alcance.	Con el objetivo de controlar el Alcance, durante el proceso de perforación se debe realizar el seguimiento al desempeño del trabajo del proyecto para lo cual se debe utilizar el cuadro de mando que se muestra en la Figura 24. Mensualmente se deben realizar reuniones de seguimiento con el objetivo de evaluar los resultados y el avance del proyecto.

Nota: La Tabla 14 muestra el plan de gestión del alcance del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.2.1 Descripción del alcance

La perforación de los pozos geotérmicos es uno de los pasos fundamentales para el desarrollo de un campo geotérmico, dado que el pozo es el que permite la confirmación de la existencia del recurso y su extracción, sin la cantidad y construcción adecuada de estos no podría iniciar operaciones un campo. Por lo anterior, en el desarrollo del yacimiento mediante la perforación de pozos se deben alcanzar los objetivos geológicos definidos y su construcción debe ser de alta calidad para garantizar su integridad estructural, su adecuada funcionalidad y

sobre todo optimización en el uso de los recursos para cumplir con las premisas definidas de tiempo, costo y calidad.

4.2.2 Plan de Gestión de Requisitos

La definición de los requisitos se realiza mediante reuniones de coordinación. En una primera etapa se definen la cantidad y ubicación de los pozos que deben ser perforados, esto se realiza mediante el análisis de la información de geología, geoquímica, geofísica y las modelaciones realizadas para estimar el potencial del campo. Posteriormente para cada uno de los pozos, el equipo geocientífico presenta el informe de proyección. El informe contiene datos sobre la composición de la formación a perforar, la posible ubicación de las zonas permeables y las proyecciones de temperaturas de la formación. Con esta información el grupo de perforación define el diseño de los diferentes diámetros a perforar, el programa de los tipos de barrenas y herramientas a utilizar, así como las estrategias para el uso de lodos y cementaciones a realizar. Con estos insumos se realiza un análisis de las propuestas y se toma la decisión sobre el acabado final del pozo. Se genera el documento el cual debe ser aprobado por el Director y el Patrocinador, quedando definidos los requisitos del pozo en cuanto a su diseño y sus objetivos geológicos, por lo que el equipo de perforación procede a completar la matriz de trazabilidad de requisitos.

4.2.2.1 Requisitos

De acuerdo con el PMI (2017) la matriz de trazabilidad de requisitos permite vincular los requisitos desde su origen hasta los entregables (p. 148). Para el proyecto de debe utilizar la matriz mostrada en la plantilla de la Tabla 15, para la definición y documentación de los requisitos se realizarán reuniones de coordinación. El Equipo Director en conjunto con el patrocinador definen los requisitos de alto nivel esperados para el proyecto.

Requisitos del negocio: El requisito del negocio es el suministro del recurso energético o la capacidad de reinyección requerida de acuerdo con las necesidades establecidas en el acta de constitución del proyecto.

Requisitos de los interesados: para los interesados se tiene los siguientes requisitos; Patrocinador, un pozo funcional que cumpla con las especificaciones definidas y con capacidad de producción o reinyección según sea requerido. Director del Proyecto, que el desempeño del proyecto esté dentro de los parámetros definidos como metas para lograr cumplir con el alcance de proyecto en cuanto a tiempo, costo, calidad. Equipo de Proyecto, lograr el cumplimiento de los indicadores de desempeño del trabajo para finalizar los entregables cumpliendo con los objetivos de tiempo, costo y calidad esperados por el cliente.

Requisitos de las soluciones: Cada pozo posee características diferentes dependiendo de su contexto. Para cada uno de ellos se proyecta el objetivo a profundidad que debe ser alcanzado para lo cual se debe definir los siguientes parámetros; el azimut indica la orientación del pozo en el cuadrante de 360 grados, el KOP representa la profundidad a partir de la cual se iniciará con la construcción del ángulo de desviación del pozo, la tasa de inclinación del ángulo que define la agresividad con la que se construirá el ángulo del pozo con respecto al eje vertical, el ángulo máximo de inclinación define el ángulo total que debe tener la parte desviada del pozo con respecto al eje vertical, la profundidad medida que es la distancia total del agujero perforado, la profundidad vertical que es la profundidad total del pozo en el eje vertical y el desplazamiento horizontal que representa la distancia que se tendrá entre el punto inicial del pozo y el punto final del mismo medida en el plano horizontal. Adicionalmente se define el diseño de acabado del pozo para el cual se deben utilizar 4 etapas; la primera se construye con un agujero de 610 mm revestido con tubería de 473 mm a una profundidad de 350 a 450 metros, la segunda con un agujero de 445 mm revestido con tubería de 340 mm a una profundidad de 900 a 1000 metros, la tercera con un agujero de 311 mm revestido con

tubería ranurada de 273 mm a una profundidad de 1900 a 2000 metros y finalmente para la cuarta etapa se debe perforar un agujero de 216 mm el cual queda revestido con tubería ranurada de 194 mm a una profundidad de 2400 a 2600 metros.

Tabla 15
Matriz de trazabilidad de Requisitos.

Identificación del requisito			RPG-001		
Necesidad, oportunidades metas u objetivos de negocio			Suministro de energía renovable al Sistema Eléctrico Nacional		
Objetivos del proyecto			Definir el Plan para la Dirección del proyecto		
Entregables de la EDT			1.1		
Nivel de complejidad			BAJA		
Sub-Identificación del requisito	Clasificación del requisito	Descripción de los requisitos	Diseño del producto / Entregable	Desarrollo del producto / Entregable	Casos de Pruebas
RPG-001-01	Proyecto	Definir un plan de gestión que cumpla con las buenas prácticas estable recomendadas por el PMI en el PMBOK.	Se deben seguir las buenas prácticas del PMI.	Se elabora de acuerdo al PMBOK	El Gestor de Calidad verifica que los documentos cumplen con las recomendaciones del PMI
RPG-001-02	Proyecto	Cumplir con el alcance de proyecto en tiempo, costo, y calidad.	Se deben diseñar indicadores y gráficos de control para garantizar un adecuado seguimiento del alcance, tiempo, costo y calidad del proyecto.	Cada responsable de proceso debe suministrar la información requerida para mantener actualizados los indicadores y gráficos de control.	El Gestor de Calidad verifica que la información registrada es coincidente con lo que se refleje en el proceso.
RPG-001-03	Proyecto	Cumplimiento de los indicadores de desempeño del trabajo.	Se deben diseñar indicadores para garantizar un adecuado seguimiento del desempeño del trabajo del proyecto.	Cada responsable de proceso debe suministrar la información requerida para mantener actualizados los indicadores y gráficos de control.	El Gestor de Calidad verifica que la información registrada es coincidente con lo que se refleje en el proceso.

Identificación del requisito			RPG-002		
Necesidad, oportunidades metas u objetivos de negocio			Suministro de energía renovable al Sistema Eléctrico Nacional		
Objetivos del proyecto			Construir un pozo geotérmico funcional		
Entregables de la EDT			1.2		
Nivel de complejidad			ALTA		
Sub-Identificación del requisito	Clasificación del requisito	Descripción de los requisitos	Diseño del producto / Entregable	Desarrollo del producto / Entregable	Casos de Pruebas
RPG-002-01	Producto	Pozo funcional que cumpla con las especificaciones definidas en el enunciado del alcance.	Se debe generar el diseño del Pozo el cual debe incluir, azimut, KOP, ángulo de inclinación, profundidad medida, profundidad vertical, desplazamiento horizontal, y el detalle de acabado de cada etapa.	El Ingeniero de Perforación debe mantener actualizado el registro de parámetros de perforación para verificar el cumplimiento del diseño establecido.	El Gestor de Calidad verifica que la información registrada es coincidente con lo que se refleje en el proceso.
RPG-002-02	Producto	Pruebas de pozo	Se debe generar el diseño y programa de pruebas requeridas para el pozo.	El Ingeniero de Perforación preparar y gestionar la realización de las pruebas programadas para el pozo.	Se deben realizar las pruebas de localización de zonas permeables, pruebas de capacidad de aceptación, pruebas de capacidad de producción, pruebas de integridad del pozo.

Nota: La figura 27 muestra la plantilla para la Matriz de Trazabilidad de Requisitos del proyecto, dentro de los objetivos se debe incluir el alcance, calidad, costos y cronograma. Autoría propia con base en información del PMI (2017).

4.2.3 Enunciado del alcance

De acuerdo con el PMI (2017) “El enunciado del alcance del proyecto es la descripción del alcance, de los entregables principales, de los supuestos y de las restricciones del proyecto” (p. 154). A continuación, se presenta el enunciado del alcance del proyecto.

4.2.3.1 Descripción del alcance del producto

El producto del proyecto es la perforación de un pozo geotérmico, el cual, para un pozo en específico, se construirá de acuerdo con los siguientes parámetros; azimut de 245°, KOP a 600 m, ángulo de inclinación de 15°, profundidad medida de 2500, profundidad vertical de 2 437m y desplazamiento horizontal de 488,56 m.

Se construirá en cuatro etapas, con el siguiente acabado; la primera en 610 mm hasta los 450 m, la segunda en 445 mm hasta los 900 m, la tercera en 311 mm hasta los 2000 m y la cuarta en 216 mm hasta los 2500 m.

Se deben realizar pruebas de localización de zonas, pruebas de aceptación y producción y las pruebas de integridad de la construcción (cabezal y colapsos).

Se deben realizar las siguientes pruebas para la aceptación del entregable; pruebas de localización de zonas, pruebas de aceptación, pruebas de producción y pruebas de integridad de la construcción (colapsos).

4.2.3.2 Entregables y criterios de aceptación

De acuerdo con el alcance y los requisitos establecidos para el proyecto se definen los siguientes entregables y criterios para su aceptación tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16*Entregables y criterios de aceptación.*

Entregable	Descripción	Criterios de aceptación
1. Gestión del proyecto	Consiste en la gestión de todos los aspectos relacionados con la construcción, tales como la logística, el mantenimiento de los equipos, el suministro de materiales y herramientas, control de costos, control de la calidad de los entregables, entrega del producto y cierre del proyecto.	Plan de gestión debidamente aprobado por el Director de Proyecto y el Patrocinador. El documento debe cumplir con las buenas prácticas recomendadas por el PMI en el PMBOK.
2. Construcción del pozo	Incluye la ejecución de todos los aspectos asociados al pozo, incluye la perforación de las cuatro etapas, el suministro y control de los lodos, la formación de los ángulos de desviación del pozo (perforación direccional), la colocación de los ademes de revestimiento, la cementación de los ademes, la colocación de las válvulas de control de pozo, la extracción de muestras de pozo y la ejecución de maniobras especiales en caso de problemas en el pozo (atrapamientos, pérdida de herramienta, colapsos, etc.).	<p>Entrega de un pozo que cumpla con las especificaciones definidas en el enunciado del alcance (azimut, KOP, ángulo de inclinación, profundidad medida, profundidad vertical, desplazamiento horizontal, etapas, acabado de cada etapa) .</p> <p>Informe final del Pozo firmado por el Director de Proyecto. Informe de pruebas de integridad del pozo aprobado por el Director de Proyecto y el Patrocinador.</p> <p>Acta de inspección y recepción final aprobada por el cliente.</p>

Nota: La Tabla 16 muestra la lista de entregables y sus criterios de aceptación. Autoría propia.

4.2.3.3 Exclusiones del proyecto

No se incluye la construcción de los sistemas de tuberías, estaciones de separación ni lagunas de reinyección, plataformas o caminos de acceso.

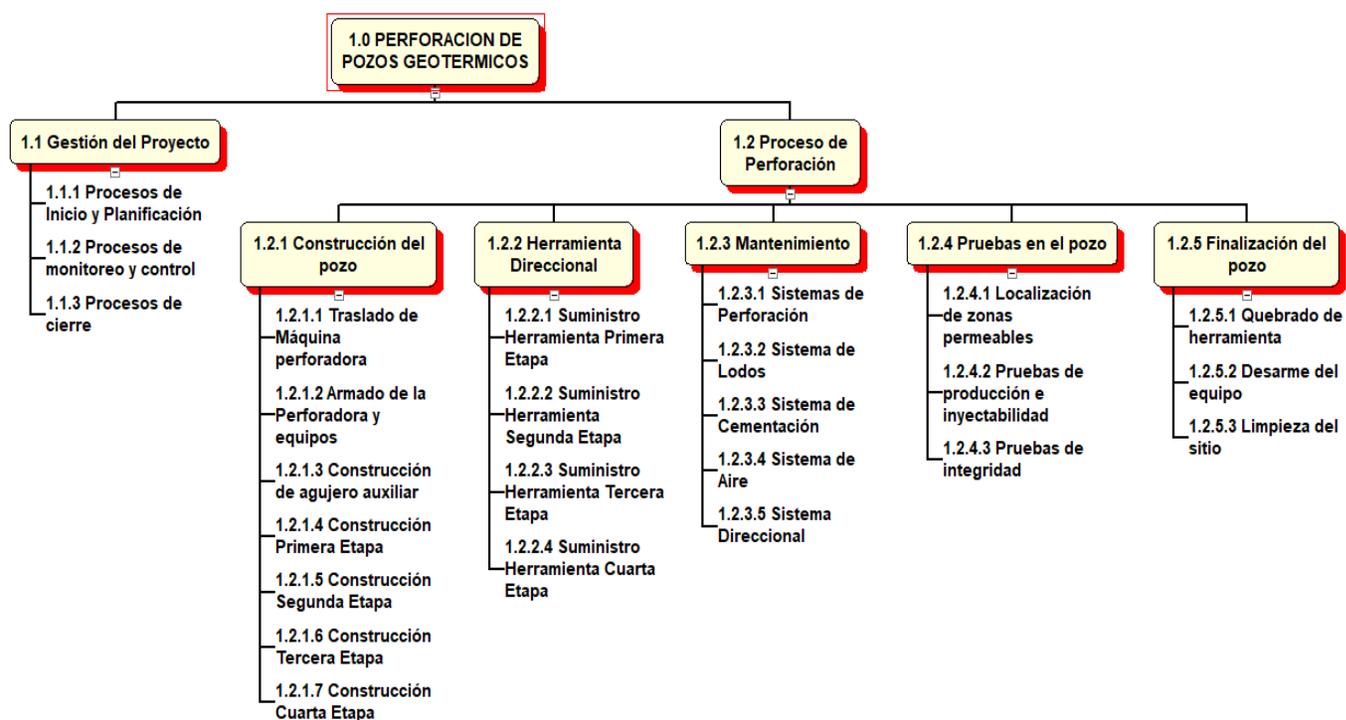
No se incluyen obras complementarias para la operación del pozo, tales como sistemas de silenciadores, tuberías de conexión, sistemas para tratamientos de fluidos.

4.2.4 EDT del proyecto

De acuerdo con el PMI (2017) “La EDT/WBS es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos”. Por lo tanto, con el objetivo de gestionar el proyecto de forma eficiente se utiliza la técnica de descomposición para subdividir el alcance y sus entregables para obtener la EDT del proyecto la cual se define de acuerdo a lo que se muestra en la Figura 27.

Figura 27

EDT Proyecto de Perforación de Pozos Geotérmicos.



Nota: La Figura 27 muestra la EDT para el proyecto de perforación de pozos geotérmicos. Autoría propia.

Para proporcionar la información detallada sobre cada uno de los componentes de la EDT, en la Tabla 17 muestra el Diccionario de la EDT/WBS del proyecto

Tabla 17

Diccionario de la EDT del proyecto.

NIVEL	ID EDT	NOMBRE PAQUETE	DEFINICION DEL TRABAJO	RESPONSABLE	ENTREGABLE
2	1.1	Gestión del Proyecto	Incluye toda la fase de planificación, seguimiento y control del proyecto.	Director del proyecto	Planes de gestión
2	1.2	Proceso de Perforación	Es el proceso de construir el pozo.	Director del proyecto	Pozo Geotérmico
3	1.1.1	Procesos de Inicio y Planificación	Corresponde a la elaboración del acta de constitución del proyecto y la identificación de los interesados	Director del proyecto	Planos detallados
3	1.1.2	Procesos de monitoreo y control	Corresponde a las actividades de medición y control de los diferentes indicadores del proyecto, así como las acciones preventivas y correctivas que se requieran, igualmente lecciones aprendidas y la gestión de cambios que se requieran para el proyecto.	Director del proyecto	Informe de desempeño del proyecto.
3	1.1.3	Procesos de cierre	Corresponde a las fases de finalización del proyecto.	Director del proyecto	Informe de cierre
3	1.2.1	Construcción del pozo	Es proceso técnico de realizar la perforación de las diferentes etapas del pozo, así como las actividades complementarias requeridas.	Director del proyecto	Pozo funcional
3	1.2.2	Herramienta Direccional	Consiste en las actividades necesarias para asegurar la disponibilidad de la herramienta necesaria para realizar la perforación direccional del pozo.	Director del proyecto	Herramientas en adecuadas condiciones
3	1.2.3	Mantenimiento	Consiste en el proceso de realizar el mantenimiento requerido a los diferentes sistemas utilizados durante la perforación de los pozos.	Director del proyecto	Equipos operativos.
3	1.2.4	Pruebas en el pozo	Son las diferentes pruebas definidas para determinar la efectividad y calidad del pozo.	Director del proyecto	Informes de pruebas.
3	1.2.5	Finalización del pozo	Es el proceso de terminación de la actividad de perforación.	Director del proyecto	Sitio de pozo en condiciones para operar.
4	1.2.1.1	Traslado de Máquina perforadora	Proceso de movilizar la perforadora y los equipos complementarios al sitio donde se realizará la perforación.	Ingeniero Perforador	NA
4	1.2.1.2	Armado de la Perforadora y equipos	Consiste en el ensamble de todos los sistemas requeridos para perforar	Ingeniero Perforador	NA

NIVEL	ID EDT	NOMBRE PAQUETE	DEFINICION DEL TRABAJO	RESPONSABLE	ENTREGABLE
4	1.2.1.3	Construcción de agujero auxiliar	Consiste en la perforación del agujero requerido para colocar la funda del Kelly.	Ingeniero Perforador	Agujero auxiliar
4	1.2.1.4	Construcción Primera Etapa	Consiste en la construcción del agujero de 609 mm de diámetro de la primera etapa y la correspondiente colocación y cementación de la tubería de revestimiento de 473 mm de diámetro.	Ingeniero Perforador	Primera Etapa Construida
4	1.2.1.5	Construcción Segunda Etapa	Consiste en la construcción del agujero de 444 mm de diámetro de la primera etapa y la correspondiente colocación y cementación de la tubería de revestimiento de 340 mm de diámetro.	Ingeniero Perforador	Segunda Etapa Construida
4	1.2.1.6	Construcción Tercera Etapa	Consiste en la construcción del agujero de 311 mm de diámetro de la primera etapa y la correspondiente colocación y cementación de la tubería de revestimiento de 273 mm de diámetro.	Ingeniero Perforador	Tercera Etapa Construida
4	1.2.1.7	Construcción Cuarta Etapa	Consiste en la construcción del agujero de 216 mm de diámetro de la primera etapa y la correspondiente colocación y cementación de la tubería de revestimiento de 194 mm de diámetro.	Ingeniero Perforador	Cuarta Etapa Construida
4	1.2.2.1	Herramienta Primera Etapa	Consiste en el suministro de la herramienta en los diámetros necesarios para realizar la perforación de la etapa.	Ingeniero Perforador	Disponibilidad de martillos y motores para perforar
4	1.2.2.2	Herramienta Segunda Etapa	Consiste en el suministro de la herramienta Motores y Martillos en los diámetros necesarios para realizar la perforación de la etapa.	Ingeniero Perforador	Disponibilidad de herramienta para perforar
4	1.2.2.3	Herramienta Tercera Etapa	Consiste en el suministro de la herramienta, motores y martillos en los diámetros necesarios para realizar la perforación de la etapa.	Ingeniero Perforador	Disponibilidad de herramienta, martillos y motores para perforar
4	1.2.2.4	Herramienta Cuarta Etapa	Consiste en el suministro de la herramienta, motores y martillos en los diámetros necesarios para realizar la perforación de la etapa.	Ingeniero Perforador	Disponibilidad de herramienta, martillos y motores para perforar
4	1.2.3.1	Sistemas de Perforación	Consiste en las actividades de mantenimiento requeridas para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema de perforación, elementos asociados a la máquina perforadora.	Ingeniero Perforador	Sistema en condiciones adecuadas de operación.

NIVEL	ID EDT	NOMBRE PAQUETE	DEFINICION DEL TRABAJO	RESPONSABLE	ENTREGABLE
4	1.2.3.2	Sistema de Lodos	Consiste en las actividades de mantenimiento requeridas para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema de lodos.	Ingeniero Perforador	Sistema en condiciones adecuadas de operación.
4	1.2.3.3	Sistema de Cementación	Consiste en las actividades de mantenimiento requeridas para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema de cementación.	Ingeniero Perforador	Sistema en condiciones adecuadas de operación.
4	1.2.3.4	Sistema de Aire	Consiste en las actividades de mantenimiento requeridas para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema de aire.	Ingeniero Perforador	Sistema en condiciones adecuadas de operación.
4	1.2.3.5	Sistema Direccional	Consiste en las actividades de mantenimiento requeridas para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema direccional.	Ingeniero Perforador	Sistema en condiciones adecuadas de operación.
4	1.2.4.1	Localización de zonas permeables	Consiste en la realización de las actividades necesarias para la realización de las pruebas de localización de zonas permeables en el pozo en perforación.	Ingeniero Perforador	Informe
4	1.2.4.2	Pruebas de producción e inyectabilidad	Consiste en la realización de las actividades necesarias para la realización de las pruebas de producción y de aceptación del pozo en perforación.	Ingeniero Perforador	Informe
4	1.2.4.3	Pruebas de integridad	Consiste en la realización de las actividades necesarias para la realización de las pruebas para verificar la integridad de la tubería de revestimiento asegurando que no se presenten colapsos en la misma.	Ingeniero Perforador	Informe
4	1.2.5.1	Quebrado de herramienta	Proceso de desenrosque de la tubería para finalizar la perforación del pozo.	Ingeniero Perforador	NA
4	1.2.5.2	Desmontaje de sistemas	Contiene las actividades de desmontaje de todos los sistemas utilizados en el proceso de perforación del pozo con el objetivo de movilizar la máquina a su nueva ubicación.	Ingeniero Perforador	Elementos en condiciones de ser trasladados a una nueva ubicación.
4	1.2.5.3	Limpieza del sitio	Actividades para asegurar que el sitio de perforación queda en condiciones adecuadas para la operación del pozo.	Ingeniero Perforador	Sitio de pozo en condiciones de operación.

Nota: La Tabla 17 muestra el diccionario de la EDT para el proyecto de perforación de pozos geotérmicos. Autoría propia.

4.2.5 Validación del alcance

De acuerdo con el PMI (2017) la matriz de trazabilidad de requisitos vincula los requisitos del producto desde su origen hasta los entregables que los satisfacen (p. 148). Por lo anterior y tomando como base la Matriz de Trazabilidad definida para el proyecto en la Figura 27, para validar el alcance y formalizar la aceptación de los entregables del proyecto se deben seguir los procedimientos que se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Validación del alcance del proyecto.

Validación	Procedimiento
Entregables aceptados	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez finalizado el entregable el director del proyecto verifica apoyándose con la matriz de trazabilidad de requisitos el cumplimiento del entregable, y una vez comprobado, solicita la revisión del entregable por parte del cliente. • Se levanta un acta de validación del alcance en la cual se consigna la conformidad de los requisitos, tanto del cliente como los requisitos de calidad definidos para el producto y en caso de existir algún pendiente o inconformidad de calidad, se define el tiempo para completarse y las correcciones a realizar. • Una vez completado todo el trabajo, se procede con la firma del acta de aceptación. • Para cada uno de los entregables del proyecto se completa el acta de aceptación del entregable que se muestra en la Figura 29. • El entregable se da por aceptado con la firma del acta por parte del Patrocinador del acta sin que esta aceptación quede condicionada.
Información del desempeño del trabajo	Para la validación del desempeño del trabajo, el equipo de perforación genera un informe diario del avance del pozo utilizando las plantillas que se muestran en las Figuras 24, 29.
Solicitudes de cambio	Cuando se presente una variación en el costo, tiempo o calidad superior al 5% de lo definido en la línea base, el director del proyecto debe realizar una solicitud de cambio utilizando la plantilla que se muestra en la Figura 25.

Nota: La Tabla 18 muestra la lista de procedimientos para validar el alcance del proyecto.
Autoría propia.

Figura 28

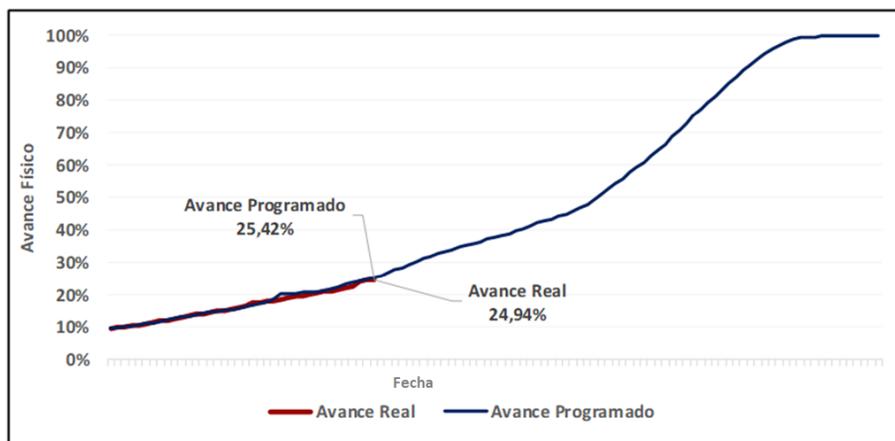
Acta de aceptación del entregable.

ACTA DE ACEPTACION DEL ENTREGABLE		
Proyecto	Responsable	
Fecha	Número de entregable	Nombre del entregable
Descripción del entregable		
Requisito del entregable	Aceptado / Aceptación Condicionada / Rechazado	Observaciones
1.		
n.		
Responsables de entrega y recepción		
Nombre	Observaciones	Firma
Responsable de la entrega		
Responsable de Revisión		
Responsable de Aprobar		

Nota: La Figura 28 muestra el formulario que debe ser utilizado para el acta de aceptación de los entregables del proyecto. Autoría propia.

Figura 29

Gráfico de control del avance.



Nota: La Figura 29 muestra el gráfico que debe ser utilizado para el control de avance del proyecto. Adaptado de reporte interno, ICE (2021).

4.2.6 Controlar el alcance

De acuerdo con el PMI (2017) las salidas de controlar el alcance son la información de desempeño del trabajo, las solicitudes de cambio, y la actualización del Plan de Gestión y de los documentos del proyecto, adicionalmente indica “Los datos de desempeño del trabajo son las observaciones y mediciones brutas identificadas durante las actividades ejecutadas para llevar a cabo el trabajo del proyecto. Los datos se consideran a menudo como el nivel más bajo de

detalle del que pueden extraer información otros procesos. Los datos se recopilan a través de la ejecución de los trabajos y se pasan a los procesos de control para su posterior análisis” (p. 95).

Considerando lo anterior, para controlar el alcance del proyecto y gestionar cambios a la línea base del alcance se definen los procedimientos que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19

Control del alcance del proyecto.

Control	Procedimiento
Seguimiento de la información del desempeño del trabajo	En caso de que la variación alguno de los indicadores de la Tabla 13 sea superior al 2,5% se deberá generar un plan de acción para su respectiva corrección, para el seguimiento y control se utilizan las plantillas que se muestran en las Figuras 24 y 29.
Solicitudes de cambio	En caso de que los indicadores del proyecto muestren una desviación de alguno de los indicadores de costo, tiempo, calidad del proyecto superior al 5% se deberá generar una solicitud de cambio del alcance del proyecto. Para esto se utiliza la plantilla que se muestra en la Figura 25.
Actualización del Plan para la Dirección del Proyecto	En caso de que la solicitud de cambio sea aprobada el director de proyecto procede a actualizar el Plan para la Dirección del Proyecto ajustándolo al nuevo alcance y actualizando la línea base correspondiente.

Nota: La Tabla 19 muestra la lista de procedimientos para controlar el alcance del proyecto. Autoría propia.

4.3 Plan de Gestión del Cronograma

De acuerdo con el PMI (2017) “La gestión del cronograma del proyecto incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo” (p. 173).

El cronograma es una herramienta fundamental para el equipo de proyectos y para los interesados ya que les permite realizar el seguimiento del avance del proyecto de una manera fácil de comprender. En la Tabla 20 se muestra los diferentes procesos que componen el plan.

Tabla 20

Plan de gestión del cronograma del proyecto.

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión del Cronograma.	Es el proceso de establecer las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto.	Para la planificación del cronograma el equipo de perforación realiza una reunión en la cual participa el equipo de proyecto, y como resultado se definirán las actividades, sus secuencias y duraciones, así como la forma en la que se desarrolla y controla el cronograma.
2. Definir las Actividades.	Es el proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto.	Usando el criterio experto el equipo de proyecto define las actividades que se deben incluir en el cronograma del proyecto.
3. Secuenciar las Actividades.	Es el proceso de identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto.	Usando el criterio experto el equipo de proyecto define la secuencia de las actividades incluidas en el cronograma del proyecto.
4. Estimar la Duración de las Actividades.	Es el proceso de realizar una estimación de la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados.	Usando el criterio experto, así como los datos estadísticos de procesos anteriores el equipo de proyecto define la duración de las actividades incluidas en el cronograma del proyecto.
5. Desarrollar el Cronograma	Es el proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear el modelo del cronograma del proyecto para la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto.	Usando el criterio experto, así como las experiencias de proyectos anteriores el equipo de proyecto desarrolla el cronograma del proyecto.
6. Controlar el Cronograma.	Es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar el cronograma del proyecto y gestionar cambios a la línea base	El director del proyecto da seguimiento a la evolución del cronograma y en caso de detectar desviaciones solicita al equipo de proyecto las correcciones pertinentes. En

Proceso	Descripción	Gestiones
	del cronograma.	caso de que la desviación sea superior al 5% solicita una gestión de cambio para ajustar el proyecto. Para el seguimiento utiliza la gráfica de control mostrada en la Figura 29 y los indicadores de desempeño mostrados en la Figura 24 (SV, SPI, EAC, VAC).

Nota: La Tabla 20 muestra el plan de gestión del cronograma del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.3.1 Definir y secuenciar las actividades

Para definir las actividades del proyecto el equipo de proyecto utiliza como entradas principales la EDT y su diccionario, adicionalmente aplica el criterio experto para, en base a la experiencia de sus integrantes, identificar nuevas actividades que puedan adicionarse. Una vez que las actividades se han identificado se realiza el proceso de secuenciación de las actividades definiendo las predecesoras de cada una de ellas. En la Tabla 21 se muestra el listado de actividades definidas y su secuencia.

Tabla 21

Identificación y secuencia de las actividades del proyecto.

ID	EDT	Nombre de tarea	Predecesoras	Hito
1	1	Perforación de pozos geotérmicos		
2	1.1	Gestión del Proyecto		
3	1.1.1	Procesos de Inicio y Planificación		
14	1.1.2	Finalización del proceso de planificación	13	Sí
15	1.1.3	Procesos de monitoreo y control		
22	1.1.4	Procesos de cierre		
27	1.2	Proceso de Perforación		
28	1.2.1	Construcción del pozo		
29	1.2.1.1	Traslado de Máquina perforadora	13	
30	1.2.1.2	Armado de la Perforadora y equipos	29	
31	1.2.1.3	Construcción de agujero auxiliar	30	
32	1.2.1.4	Construcción Primera Etapa		
33	1.2.1.4.1	Armado de herramienta	31	
34	1.2.1.4.2	Diseñar lodo de perforación	31	
35	1.2.1.4.3	Preparar, circular y mantener lodo	34	

ID	EDT	Nombre de tarea	Predecesoras	Hito
36	1.2.1.4.4	Perforar agujero de 609 mm	35CC	
37	1.2.1.4.5	Calcular y preparar tubería de 473 mm	36	
38	1.2.1.4.6	Descender tubería de 473	37	
39	1.2.1.4.7	Cementación Primera Etapa		
40	1.2.1.4.7.1	Traslado del equipo y preparación.	38	
41	1.2.1.4.7.2	Diseñar y preparar la lechada	40	
42	1.2.1.4.7.3	Cementar la tubería de revestimiento	41	
43	1.2.1.4.7.4	Retirar el equipo de cementación	42	
44	1.2.1.5	Final de la Primera Etapa	43	Sí
45	1.2.1.6	Construcción Segunda Etapa		
46	1.2.1.6.1	Colocar los preventores de reventones	43	
47	1.2.1.6.2	Armado de herramienta	46	
48	1.2.1.6.3	Diseñar lodo de perforación	47	
49	1.2.1.6.4	Preparar, circular y mantener lodo	48	
50	1.2.1.6.5	Perforar agujero de 444 mm	49CC	
51	1.2.1.6.6	Calcular y preparar tubería de 340 mm	50	
52	1.2.1.6.7	Descender tubería	51	
53	1.2.1.6.8	Cementación Segunda Etapa		
54	1.2.1.6.8.1	Traslado del equipo y preparación.	52	
55	1.2.1.6.8.2	Diseñar y preparar la lechada	54	
56	1.2.1.6.8.3	Cementar la tubería de revestimiento	55	
57	1.2.1.6.8.4	Retirar el equipo de cementación	56	
58	1.2.1.6.8.5	Desinstalar sistema de preventores	57	
59	1.2.1.6.8.6	Colocar el carrete de expansión	58	
60	1.2.1.7	Fin de la Segunda Etapa	59	Sí
61	1.2.1.8	Construcción Tercera Etapa		
62	1.2.1.8.1	Colocar los preventores de reventones	59	
63	1.2.1.8.2	Armado de herramienta	62	
64	1.2.1.8.3	Diseñar lodo de perforación	63	
65	1.2.1.8.4	Preparar, circular y mantener lodo	64	
66	1.2.1.8.5	Perforar agujero de 311 mm	65CC	
67	1.2.1.8.6	Calcular y preparar tubería de 273 mm	66	
68	1.2.1.8.7	Descender tubería	67	
69	1.2.1.9	Fin de la Tercera Etapa	68	Sí
70	1.2.1.10	Construcción Cuarta Etapa		
71	1.2.1.10.1	Armado de herramienta	68	
72	1.2.1.10.2	Diseñar lodo de perforación	71	
73	1.2.1.10.3	Preparar, circular y mantener lodo	72	
74	1.2.1.10.4	Perforar agujero de 216 mm	73CC	

ID	EDT	Nombre de tarea	Predecesoras	Hito
75	1.2.1.10.5	Calcular y preparar tubería de 194 mm	74	
76	1.2.1.10.6	Descender tubería	75	
77	1.2.1.10.7	Colocar sistema de Válvulas del pozo	76	
78	1.2.1.11	Fin de la Cuarta Etapa	77	Sí
79	1.2.2	Herramienta Direccional		
80	1.2.2.1	Suministro Herramienta Primera Etapa	33	
81	1.2.2.2	Suministro Herramienta Segunda Etapa	47	
82	1.2.2.3	Suministro Herramienta Tercera Etapa	63	
83	1.2.2.4	Suministro Herramienta Cuarta Etapa	71	
84	1.2.3	Mantenimiento		
85	1.2.3.1	Sistemas de Perforación	30	
86	1.2.3.2	Sistema de Lodos	30	
87	1.2.3.3	Sistema de Cementación	30	
88	1.2.3.4	Sistema de Aire	30	
89	1.2.3.5	Sistema Direccional	30	
90	1.2.4	Pruebas en el pozo		
91	1.2.4.1	Localización de zonas permeables		
92	1.2.4.1.1	Prueba de localización 3ra etapa	68	
93	1.2.4.2	Pruebas de producción e inyectabilidad		
94	1.2.4.2.1	Prueba de inyectabilidad 3ra etapa	68	
95	1.2.4.2.2	Pruebas de producción última etapa	77	
96	1.2.4.3	Pruebas de integridad	95	
97	1.2.5	Finalización del pozo		
98	1.2.5.1	Quebrado de herramienta	96	
99	1.2.5.2	Desarme del equipo	98	
100	1.2.5.3	Limpieza del sitio	99	
101	1.2.5.4	Informe final	96	
102	1.2.5.5	Fin del pozo	100	Sí

Nota: La Tabla 21 muestra el listado de actividades y su secuencia. Autoría propia.

4.3.2 Estimar la duración de las actividades

Una vez definidas las actividades y su secuencia se estiman las duraciones de las mismas, la estimación se realiza con base en la experiencia de los profesionales a cargo del proceso y utilizando información histórica. En el caso de las actividades de perforación por la complejidad del proceso las actividades no pueden detenerse por lo que se trabaja en jornadas 24/7. En la Tabla 22 se presentan la duración de las actividades del proyecto.

Tabla 22

Duración de las actividades del proyecto.

ID	EDT	Nombre de tarea	Duración
1	1	Perforación de pozos geotérmicos	165,33 días
2	1.1	Gestión del Proyecto	165,33 días
3	1.1.1	Procesos de Inicio y Planificación	2 días
14	1.1.2	Finalización del proceso de planificación	0 días
15	1.1.3	Procesos de monitoreo y control	135 días
22	1.1.4	Procesos de cierre	13 días
27	1.2	Proceso de Perforación	160,33 días
28	1.2.1	Construcción del pozo	147,33 días
29	1.2.1.1	Traslado de Máquina perforadora	5 días
30	1.2.1.2	Armado de la Perforadora y equipos	5 días
31	1.2.1.3	Construcción de agujero auxiliar	0,33 días
32	1.2.1.4	Construcción Primera Etapa	27,67 días
33	1.2.1.4.1	Armado de herramienta	0,33 días
34	1.2.1.4.2	Diseñar lodo de perforación	0,33 días
35	1.2.1.4.3	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	18 días
36	1.2.1.4.4	Perforar agujero de 609 mm	18 días
37	1.2.1.4.5	Calcular y preparar tubería de 473 mm	0,33 días
38	1.2.1.4.6	Descender tubería de 473	2 días
39	1.2.1.4.7	Cementación Primera Etapa	7 días
40	1.2.1.4.7.1	Traslado del equipo y preparación de elementos.	0,33 días
41	1.2.1.4.7.2	Diseñar y preparar la lechada de cementación	0,33 días
42	1.2.1.4.7.3	Cementar la tubería de revestimiento	6 días
43	1.2.1.4.7.4	Retirar el equipo de cementación	0,33 días
44	1.2.1.5	Final de la Primera Etapa	0 días
45	1.2.1.6	Construcción Segunda Etapa	31,67 días
46	1.2.1.6.1	Colocar los preventores de reventones	0,33 días
47	1.2.1.6.2	Armado de herramienta	0,33 días
48	1.2.1.6.3	Diseñar lodo de perforación	0,33 días
49	1.2.1.6.4	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	20 días
50	1.2.1.6.5	Perforar agujero de 444 mm	20 días
51	1.2.1.6.6	Calcular y preparar tubería de 340 mm	0,33 días
52	1.2.1.6.7	Descender tubería	2 días
53	1.2.1.6.8	Cementación Segunda Etapa	8,33 días
54	1.2.1.6.8.1	Traslado del equipo y preparación de elementos.	0,33 días
55	1.2.1.6.8.2	Diseñar y preparar la lechada de cementación	0,33 días
56	1.2.1.6.8.3	Cementar la tubería de revestimiento	6 días

ID	EDT	Nombre de tarea	Duración
57	1.2.1.6.8.4	Retirar el equipo de cementación	0,33 días
58	1.2.1.6.8.5	Desinstalar sistema de preventores	0,33 días
59	1.2.1.6.8.6	Colocar el carrete de expansión	1 día
60	1.2.1.7	Fin de la Segunda Etapa	0 días
61	1.2.1.8	Construcción Tercera Etapa	48,67 días
62	1.2.1.8.1	Colocar los preventores de reventones	1 día
63	1.2.1.8.2	Armado de herramienta	1 día
64	1.2.1.8.3	Diseñar lodo de perforación	0,33 días
65	1.2.1.8.4	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	44 días
66	1.2.1.8.5	Perforar agujero de 311 mm	44 días
67	1.2.1.8.6	Calcular y preparar tubería de 273 mm	0,33 días
68	1.2.1.8.7	Descender tubería	2 días
69	1.2.1.9	Fin de la Tercera Etapa	0 días
70	1.2.1.10	Construcción Cuarta Etapa	29 días
71	1.2.1.10.1	Armado de herramienta	0,33 días
72	1.2.1.10.2	Diseñar lodo de perforación	0,33 días
73	1.2.1.10.3	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	25 días
74	1.2.1.10.4	Perforar agujero de 216 mm	25 días
75	1.2.1.10.5	Calcular y preparar tubería de 194 mm	0,33 días
76	1.2.1.10.6	Descender tubería	2 días
77	1.2.1.10.7	Colocar sistema de Válvulas del pozo	1 día
78	1.2.1.11	Fin de la Cuarta Etapa	0 días
79	1.2.2	Herramienta Direccional	137 días
80	1.2.2.1	Suministro Herramienta Primera Etapa	27 días
81	1.2.2.2	Suministro Herramienta Segunda Etapa	31 días
82	1.2.2.3	Suministro Herramienta Tercera Etapa	48 días
83	1.2.2.4	Suministro Herramienta Cuarta Etapa	29 días
84	1.2.3	Mantenimiento	135 días
85	1.2.3.1	Sistemas de Perforación	135 días
86	1.2.3.2	Sistema de Lodos	135 días
87	1.2.3.3	Sistema de Cementación	135 días
88	1.2.3.4	Sistema de Aire	135 días
89	1.2.3.5	Sistema Direccional	135 días
90	1.2.4	Pruebas en el pozo	32 días
91	1.2.4.1	Localización de zonas permeables	2 días
92	1.2.4.1.1	Prueba de localización 3ra etapa	2 días
93	1.2.4.2	Pruebas de producción e inyectabilidad	31 días
94	1.2.4.2.1	Prueba de inyectabilidad 3ra etapa	2 días
95	1.2.4.2.2	Pruebas de producción última etapa	2 días

ID	EDT	Nombre de tarea	Duración
96	1.2.4.3	Pruebas de integridad	1 día
97	1.2.5	Finalización del pozo	10 días
98	1.2.5.1	Quebrado de herramienta	1 día
99	1.2.5.2	Desarme del equipo	6 días
100	1.2.5.3	Limpieza del sitio	3 días
101	1.2.5.4	Informe final	5 días
102	1.2.5.5	Fin del pozo	0 días

Nota: La Tabla 22 muestra el listado de actividades y su duración. Autoría propia.

4.3.3 Desarrollar el cronograma

Una vez definidas las actividades, su secuencia y estimadas las duraciones de las mismas, esta información permite la creación del cronograma, herramienta que permite realizar el seguimiento del avance de cada uno de los paquetes de trabajo del proyecto, así como identificar las actividades de ruta crítica y con esto identificar potenciales atrasos que pongan en riesgo el cumplimiento de los plazos establecidos para el proyecto.

Para la elaboración del cronograma del proyecto se utiliza como base la EDT bajando el nivel de los paquetes de trabajo para lograr medir y controlar de forma más detallada las actividades del proyecto.

Dada las características del proyecto se definen como actividades principales;

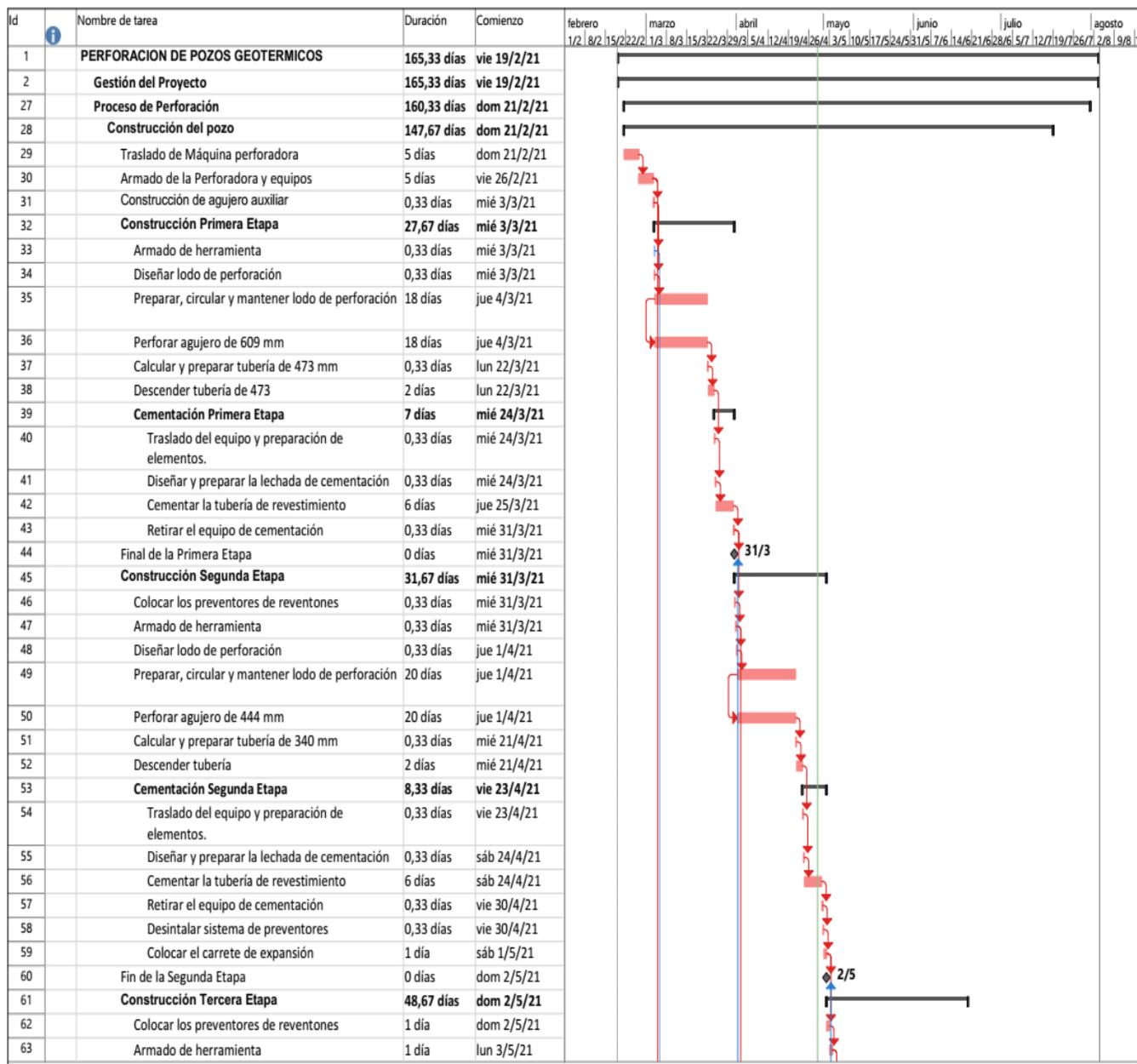
- a) la gestión del proyecto dentro del cual se desarrollan los procesos de inicio, planificación, monitoreo y control y cierre del proyecto.
- b) el proceso de perforación del pozo, el cual se subdivide iniciando con el traslado del equipo al sitio de perforación, la instalación de la perforadora y sus sistemas auxiliares, la perforación del agujero auxiliar, así como cada una de las etapas que se deben construir, las actividades de mantenimiento requeridas para asegurar la operación confiable de todos los sistemas y el suministro de herramienta (motores y martillos) necesaria para asegurar una adecuada construcción del pozo.

Se realiza esta subdivisión ya que se define que por su costo y complejidad son las de mayor importancia y deben ser monitoreadas de forma detallada.

En la Figura 31 se presenta el cronograma definido para la construcción de pozos geotérmicos.

Figura 30

Cronograma del proyecto.



4.3.4 Controlar el cronograma

Como indica el PMI (2017) “controlar el cronograma es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar el cronograma y gestionar cambios a la línea base” (p. 222). Para realizar el control del cronograma el director del proyecto debe mantener un monitoreo continuo del avance del proyecto, medir las diferentes actividades y mantener en actualización constante los registros del proyecto y en caso de detectar desviaciones solicitar al equipo de proyecto las correcciones pertinentes y si la desviación es superior al 5%, solicitar una gestión de cambio para ajustar la línea base del proyecto, adicionalmente el equipo de proyecto deberá investigar la causa de la desviación y gestionar planes de acción para garantizar que no sigan afectando la duración de las actividades o del proyecto, según corresponda. Para garantizar la identificación oportuna de desviaciones, se utilizará la gráfica de control mostrada en las Figuras 29, 30 y 31 y los indicadores de desempeño mostrados en la Figura 24 (SV, SPI, EAC, VAC).

4.4 Plan de Gestión de Costos

Los costos son uno de los factores críticos en todo proyecto ya que los recursos económicos son los más sensibles y los que tienen mayor competencia o demanda en la mayoría de las organizaciones. La planificación, estimación y control de los costos es fundamental para que el Director de Proyecto pueda gestionar de forma adecuada y garantizar que el proyecto se mantiene dentro del presupuesto estimado, garantizando al mismo tiempo que se cumpla con el alcance. Una adecuada estimación es fundamental ya que con la información que se obtiene se definirá la línea base de costos y es además el dato que se dará al cliente o al patrocinador para negociar la cantidad de dinero que deberá comprometerse para el proyecto y en caso de contratos entre terceros será el monto que se cobrará por el servicio, por lo que en caso de estar mal realizado, podría significar la pérdida de un contrato, en caso de sobreestimarse y ofrecer un precio muy superior al de los competidores, o generarle

pérdidas a la empresa en caso de ofertar un precio inferior al real y tener que cubrir la diferencia con recursos propios para cumplir con el contrato. En la Tabla 22 se muestra los diferentes procesos que componen el plan para la gestión de los costos del proyecto.

Tabla 23

Plan de gestión del costo del proyecto.

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión de Costos.	Es el proceso de definir cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto.	<p>Para la planificación de la gestión de costos el equipo de proyecto realizará reuniones y con base en el criterio experto y los datos de proyectos anteriores define la forma en la que se deben estimar, presupuestar, gestionar y controlar los costos del proyecto.</p> <p>Para la planificación se utilizarán como herramientas y técnicas el juicio de expertos, el análisis de alternativas.</p> <p>Como unidades de medida se utilizarán las horas para la mano de obra y el uso de equipo, las unidades para los materiales y consumibles, los kilómetros para el transporte y el dólar estadounidense (USD) para la moneda. Dada las cantidades que se manejan no se utilizará decimales para el cálculo de los costos.</p>
2. Estimar los costos.	Es el proceso de desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar el trabajo del proyecto.	<p>Usando el criterio experto, la estimación paramétrica y la estimación ascendente el equipo de proyecto define el costo de las actividades desde los niveles inferiores y acumula los costos conforme sube de nivel en la EDT. Se utilizará un 5% como reserva para contingencias dado que el proceso de perforación presenta muchas situaciones que pueden originar atrasos o mayor esfuerzo para completar las actividades.</p>
3. Determinar el Presupuesto.	Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costos autorizada.	<p>El presupuesto del proyecto es definido por el patrocinador del proyecto, con base en las estimaciones de los costos de cada uno de los paquetes se debe preparar el programa de presupuesto del proyecto y presentarlo para la respectiva aprobación.</p> <p>Con esta información se prepara la línea base de costos para la cual se utiliza el gráfico de control mostrado en la Figura 30.</p>
Controlar los costos.	Es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del proyecto y gestionar cambios a la línea base de costos.	<p>Para el control de los costos se utiliza el criterio experto, así como el análisis del desempeño del trabajo mediante el seguimiento al valor ganado (EVA), el análisis de variación y el análisis de tendencias tal como se muestra en las Figuras 24 y 31.</p> <p>En caso presentarse desviaciones superiores al 5% en el costo real respecto al estimado, el Director de Proyecto deberá gestionar un control de cambio en la línea base del</p>

Proceso	Descripción	Gestiones
		costo y en caso de aprobarse actualizar el plan de gestión para la dirección del proyecto.

Nota: La Tabla 23 muestra el plan de gestión de los costos del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.4.1 Estimar los costos

Para realizar la estimación de los costos se utilizan las premisas definidas en el Plan de Gestión de Costos, de acuerdo con lo cual se deben obtener las cantidades y sus unidades tal como se muestra en la Tabla 24, a cada una de estas líneas se le deberá asignar el costo con base en el cual se establecerá el presupuesto del proyecto.

Tabla 24

Estimación de los costos del proyecto.

ID	EDT	Nombre de tarea	Cantidad	Unidad
1	1	Perforación de pozos geotérmicos		
2	1.1	Gestión del Proyecto		
3	1.1.1	Procesos de Inicio y Planificación	1	c/u
15	1.1.3	Procesos de monitoreo y control	1	c/u
22	1.1.4	Procesos de cierre	1	c/u
27	1.2	Proceso de Perforación		
28	1.2.1	Construcción del pozo		
29	1.2.1.1	Traslado de Máquina perforadora	1	c/u
30	1.2.1.2	Armado de la Perforadora y equipos	1	c/u
31	1.2.1.3	Construcción de agujero auxiliar	1	c/u
32	1.2.1.4	Construcción Primera Etapa		
33	1.2.1.4.1	Armado de herramienta	1	c/u
34	1.2.1.4.2	Diseñar lodo de perforación	1	c/u
35	1.2.1.4.3	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	450	m
36	1.2.1.4.4	Perforar agujero de 609 mm	450	m
37	1.2.1.4.5	Calcular y preparar tubería de 473 mm	1	c/u
38	1.2.1.4.6	Descender tubería de 473	450	m
39	1.2.1.4.7	Cementación Primera Etapa		
40	1.2.1.4.7.1	Traslado del equipo y preparación de elementos.	1	c/u

ID	EDT	Nombre de tarea	Cantidad	Unidad
41	1.2.1.4.7.2	Diseñar y preparar la lechada de cementación	1	c/u
42	1.2.1.4.7.3	Cementar la tubería de revestimiento	450	m
43	1.2.1.4.7.4	Retirar el equipo de cementación	1	c/u
44	1.2.1.5	Final de la Primera Etapa		
45	1.2.1.6	Construcción Segunda Etapa		
46	1.2.1.6.1	Colocar los preventores de reventones	1	c/u
47	1.2.1.6.2	Armado de herramienta	1	c/u
48	1.2.1.6.3	Diseñar lodo de perforación	1	c/u
49	1.2.1.6.4	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	450	m
50	1.2.1.6.5	Perforar agujero de 444 mm	450	m
51	1.2.1.6.6	Calcular y preparar tubería de 340 mm	1	c/u
52	1.2.1.6.7	Descender tubería	900	m
53	1.2.1.6.8	Cementación Segunda Etapa		
54	1.2.1.6.8.1	Traslado del equipo y preparación de elementos.	1	c/u
55	1.2.1.6.8.2	Diseñar y preparar la lechada de cementación	1	c/u
56	1.2.1.6.8.3	Cementar la tubería de revestimiento	900	m
57	1.2.1.6.8.4	Retirar el equipo de cementación	1	c/u
58	1.2.1.6.8.5	Desinstalar sistema de preventores	1	c/u
59	1.2.1.6.8.6	Colocar el carrete de expansión	1	c/u
60	1.2.1.7	Fin de la Segunda Etapa		
61	1.2.1.8	Construcción Tercera Etapa		
62	1.2.1.8.1	Colocar los preventores de reventones	1	c/u
63	1.2.1.8.2	Armado de herramienta	1	c/u
64	1.2.1.8.3	Diseñar lodo de perforación	1	c/u
65	1.2.1.8.4	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	1100	m
66	1.2.1.8.5	Perforar agujero de 311 mm	1100	m
67	1.2.1.8.6	Calcular y preparar tubería de 273 mm	1	c/u
68	1.2.1.8.7	Descender tubería	1100	m
69	1.2.1.9	Fin de la Tercera Etapa		
70	1.2.1.10	Construcción Cuarta Etapa		
71	1.2.1.10.1	Armado de herramienta	1	c/u
72	1.2.1.10.2	Diseñar lodo de perforación	1	c/u
73	1.2.1.10.3	Preparar, circular y mantener lodo de perforación	500	m
74	1.2.1.10.4	Perforar agujero de 216 mm	500	m
75	1.2.1.10.5	Calcular y preparar tubería de 194 mm	1	c/u

ID	EDT	Nombre de tarea	Cantidad	Unidad
76	1.2.1.10.6	Descender tubería	500	m
77	1.2.1.10.7	Colocar sistema de Válvulas del pozo	1	c/u
78	1.2.1.11	Fin de la Cuarta Etapa		
79	1.2.2	Herramienta Direccional		
80	1.2.2.1	Suministro Herramienta Primera Etapa	28	día
81	1.2.2.2	Suministro Herramienta Segunda Etapa	32	día
82	1.2.2.3	Suministro Herramienta Tercera Etapa	49	día
83	1.2.2.4	Suministro Herramienta Cuarta Etapa	29	día
84	1.2.3	Mantenimiento		
85	1.2.3.1	Sistemas de Perforación	135	día
86	1.2.3.2	Sistema de Lodos	135	día
87	1.2.3.3	Sistema de Cementación	135	día
88	1.2.3.4	Sistema de Aire	135	día
89	1.2.3.5	Sistema Direccional	135	día
90	1.2.4	Pruebas en el pozo		
91	1.2.4.1	Localización de zonas permeables		
92	1.2.4.1.1	Prueba de localización 3ra etapa	1	c/u
93	1.2.4.2	Pruebas de producción e inyectabilidad		
94	1.2.4.2.1	Prueba de inyectabilidad 3ra etapa	1	c/u
95	1.2.4.2.2	Pruebas de producción última etapa	1	c/u
96	1.2.4.3	Pruebas de integridad	1	c/u
97	1.2.5	Finalización del pozo		
98	1.2.5.1	Quebrado de herramienta	1	c/u
99	1.2.5.2	Desarme del equipo	1	c/u
100	1.2.5.3	Limpieza del sitio	1	c/u
101	1.2.5.4	Informe final	1	c/u
102	1.2.5.5	Fin del pozo		

Nota: La Tabla 24 muestra la estimación de costos del proyecto. Autoría propia.

4.4.2 Determinar el presupuesto

Para definir el presupuesto, con base en la estimación de los costos definidos en la Tabla 23, se aplican los porcentajes del 5% de reservas de contingencia y un 2% de reserva de gestión, los resultados del presupuesto se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25*Estimación de los costos del proyecto.*

ID	EDT	Nombre de tarea	Cantidad	Unidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	1	Perforación de pozos				3 967 782,26
2	1.1	Gestión del Proyecto	1	c/u	320 000,00	320 000,00
27	1.2	Proceso de Perforación				3 647 782,26
28	1.2.1	Construcción del pozo				2 954 549,06
29	1.2.1.1	Traslado de Máquina	1	c/u	46 900,00	46 900,00
30	1.2.1.2	Armado de la Perforadora	1	c/u	70 000,00	70 000,00
31	1.2.1.3	Const. de agujero auxiliar	1	c/u	6 000,00	6 000,00
32	1.2.1.4	Construcción Primera Etapa	450	m	1 657,14	745 714,29
45	1.2.1.6	Construcción Segunda Etapa	450	m	1 272,73	572 727,27
61	1.2.1.8	Construcción Tercera Etapa	1100	m	790,00	869 000,00
70	1.2.1.10	Construcción Cuarta Etapa	500	c/u	1 288,42	644 207,50
79	1.2.2	Herramienta Direccional	1	c/u	147 369,96	147 369,96
84	1.2.3	Mantenimiento	1	c/u	343 863,24	343 863,24
90	1.2.4	Pruebas en el pozo	1	c/u	130 000,00	130 000,00
97	1.2.5	Finalización del pozo	1	c/u	72 000,00	72 000,00
Total						\$ 3 967 782,26
Reserva de Contingencia (5%)						\$ 198 389,11
Reserva de Gestión (2%)						\$ 79 355,65
Costo Total del proyecto						\$ 4 245 527,02

Nota: La Tabla 25 muestra el presupuesto del proyecto. Autoría propia.

4.4.3 Controlar los costos

Para la gestión de los costos del proyecto se debe utilizar el módulo de Gestión de Proyecto (PS) del sistema de información ERP-SAP, este permite llevar un registro de todos los cargos asociados a las actividades. Con esta información se alimentan los indicadores de desempeño del proyecto asociados a los costos (Figura 24) y los gráficos de control mostrados en las Figuras 31 y 32 para tener una visualización sencilla del desempeño del proyecto y en caso de desviaciones se tomen las medidas correctivas necesarias o se gestionen los cambios en la línea base del proyecto. Tal como se indica en la línea base de calidad del proyecto

mostrado en la Tabla 28, a pesar de que el valor esperado del índice de desempeño del costo es ≥ 1 , dada las características del proyecto, se considera que un valor del 0,97 es aceptable. Igualmente, en la tabla 26 se definen las cuentas de control que deben utilizarse.

Tabla 26

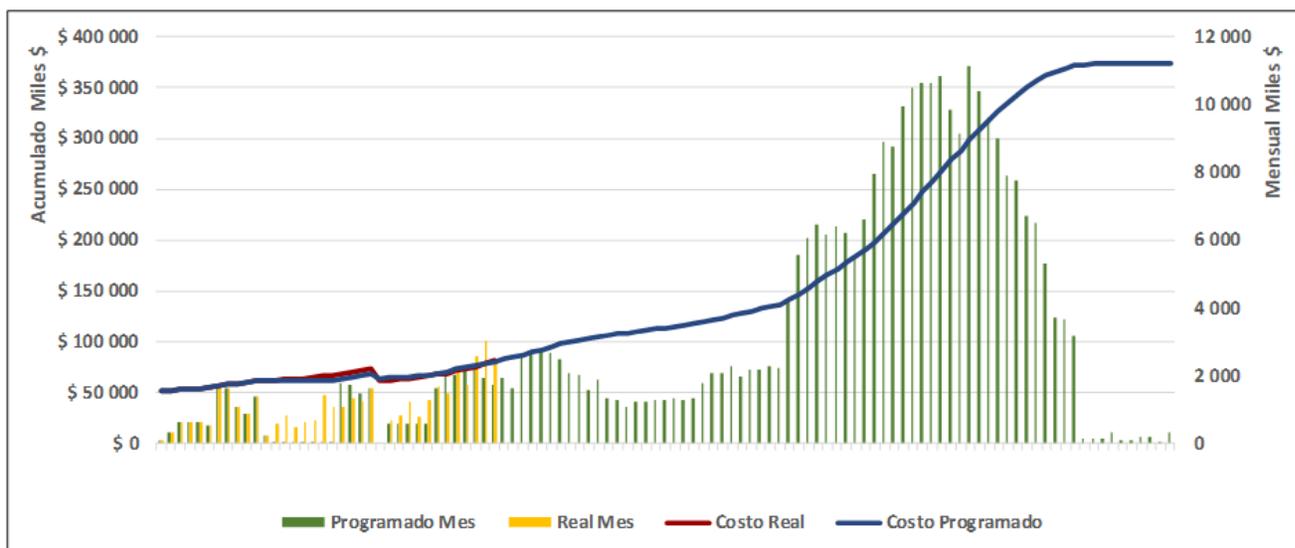
Cuentas de control de los costos del proyecto.

EDT	Cuenta de control
1	Perforación de pozos geotérmicos
1.1	Gestión del Proyecto
1.2	Proceso de Perforación
1.2.1	Construcción del pozo
1.2.2	Herramienta Direccional
1.2.3	Mantenimiento
1.2.4	Pruebas en el pozo
1.2.5	Finalización del pozo

Nota: La Tabla 26 muestra las cuentas de control del proyecto. Autoría propia.

Figura 31

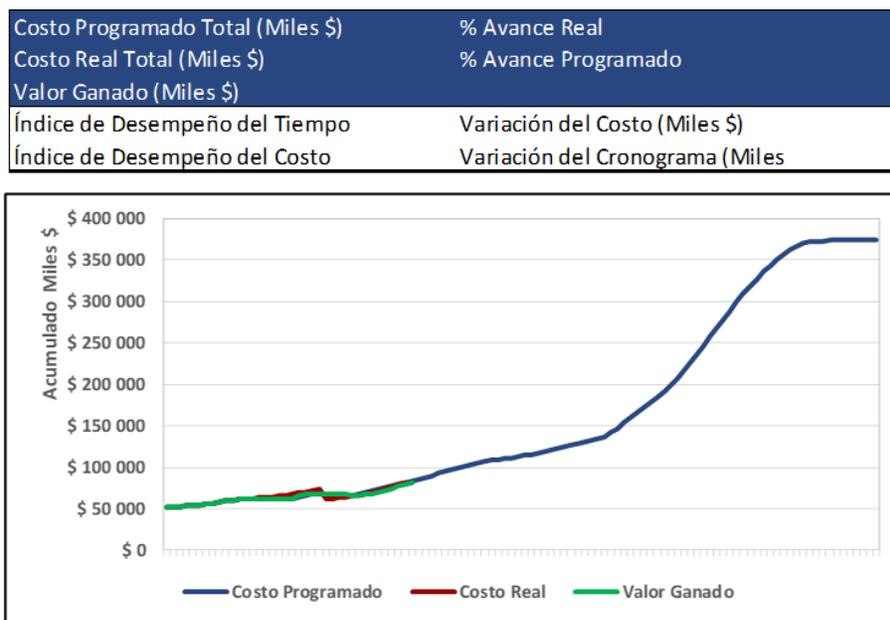
Gráfico de control del costo del proyecto.



Nota: La Figura 31 muestra el gráfico que debe ser utilizado para el control del costo del proyecto. Adaptado de reporte interno, ICE (2021).

Figura 32

Gráfica de control de valor ganado.



Nota: La Figura 32 muestra la gráfica de control de valor ganado, en la cual se monitorea el índice de desempeño del tiempo (SPI) y el índice de desempeño del costo (CPI). Fuente: reporte interno de trabajo ICE (2020).

4.5 Plan de Gestión de la Calidad

La gestión de la calidad del proyecto es fundamental para que el Director de Proyecto logre cumplir de forma adecuada con el alcance, esta área de conocimiento se compone de los procesos; planificar la gestión de la calidad en el cual se deben identificar los requisitos y estándares de calidad, tanto del proyecto como de sus entregables, gestionar la calidad en el cual el plan de gestión de calidad se convierte en actividades ejecutables y controlar la calidad proceso en el que se monitorean las actividades para determinar si su desempeño es acorde a las expectativas del cliente. La Tabla 27 muestra el Plan de Gestión de Calidad del proyecto.

Tabla 27*Plan de gestión de la calidad del proyecto.*

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión de la calidad.	Es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos.	Para la planificación de la gestión de la calidad el equipo de proyecto realiza reuniones y con base en el criterio experto define los estándares de calidad del proyecto, los objetivos de calidad, los roles y responsabilidades de calidad, los entregables que deben someterse a revisión de calidad, las actividades de calidad del proyecto, las herramientas a utilizar y los principales procedimientos a utilizar para gestionar la calidad.
2. Gestionar la calidad.	Es el proceso de convertir el plan de gestión de la calidad en actividades ejecutables de calidad que incorporen al proyecto las políticas de calidad de la organización	El equipo de proyecto define la forma en las actividades de calidad que deben ser ejecutadas en el proyecto, así como las herramientas a utilizar para incrementar la probabilidad de cumplir con los objetivos de calidad del proyecto e implementar la mejora continua de los procesos.
3. Controlar la calidad.	Es el proceso de monitorear y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de gestión de calidad, para evaluar el desempeño y asegurar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y satisfagan las expectativas del cliente.	El equipo de proyecto define la forma en la que serán tomadas las mediciones de control de calidad para asegurarse que los entregables cumplen con los requisitos definidos.

Nota: La Tabla 27 muestra el plan de gestión de la calidad del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.5.1 Planificar la gestión de la calidad

Planificar la Gestión de la Calidad es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento de los mismos (PMI, 2017, p. 277). El equipo de proyecto debe generar la Matriz de los factores de calidad, el Director de Proyecto con su equipo de trabajo deben lograr que los esfuerzos se centren en entregar lo solicitado por el cliente, sin entregar de más, dado que esto no hará que incremente la satisfacción del cliente o el éxito del proyecto.

La Tabla 28 muestra la línea base de calidad, en la cual se incluyen las métricas de calidad del proyecto, las cuales describen “de manera específica un atributo del producto o del proyecto, y la manera en que el proceso de controlar la calidad verificará su cumplimiento” (PMI, 2017, p. 287), así como la frecuencia en la cual se van a realizar las mediciones y los responsables de estas.

Tabla 28

Línea base de calidad del proyecto.

Atributo/ Entregable	Objetivo de Calidad	Métrica (s)	Definición de la métrica	Resultado esperado	Frecuencia de medición	Responsable
Cronograma	Mantener el Proyecto dentro del tiempo estimado	índice de desempeño del cronograma	SPI= EV/PV	≥ 0.97	Semanal	Director del proyecto
Presupuesto	Mantener el Proyecto dentro del presupuesto estimado	índice de desempeño del costo	CPI= EV/AC	≥ 0.97	Semanal	Director del Proyecto
Alcance	Mantener controlado el alcance	Control integrado de cambios	Número de cambios Aprobados/4	≤ 1	Semanal	Director del Proyecto
Control Direccional	Mantener la dirección del pozo dentro de los parámetros de aceptación	Inclinación	Inclinación real/inclinación programada	$\leq 2^\circ$	A partir de la segunda etapa cada 30/m	Ingeniero Perforador
		Desviación	Real-medida	$\leq \pm 30$ m		
Tubería de revestimiento	Asegurar la integridad del pozo.	Calidad del revestimiento	Prueba de integridad	Sin colapso	Al finalizar el pozo	Ingeniero Perforador
Pozo	Asegurar la funcionalidad	Pruebas de pozo	Índice de inyectabilidad	Zonas con permeabilidad	Tercera y cuarta etapa	Ingeniero Perforador
			Prueba de producción	Potencia	Al finalizar la cuarta etapa	Ingeniero Perforador

Nota: La Tabla 27 muestra la línea base de calidad del proyecto. Autoría propia.

Para lograr la efectividad en la gestión de la calidad del proyecto, se consideran los siguiente son factores de éxito como claves para lograr la calidad esperada;

- Las métricas de calidad deben ser claramente definidas en el plan de gestión y ser aceptadas y formalmente aprobadas por el cliente.
- Todo el personal involucrado y responsable por la calidad debe estar debidamente capacitado y conocer todos los lineamientos, requisitos, métricas y el sistema para el control de la calidad en el proyecto.
- Todo el personal involucrado en el proyecto debe estar comprometido con la calidad.
- Cualquier variación en las métricas de calidad deberá ser aprobada por el patrocinador y por el cliente, adicionalmente ser gestionados mediante un control de cambio.
- Todos los equipos que se requieran para la medición y comprobación de las métricas de calidad deben estar bajo control metrológico.

En la Tabla 29 se describen los diferentes roles y responsabilidades que se han definido en el proyecto en relación con la gestión de la calidad.

Tabla 29

Responsabilidades en relación con la calidad del proyecto.

Rol	Responsabilidad en torno a la Calidad
Patrocinador	Aprobar cambios que impliquen una variación mayor al 5% en Tiempo o Costo del Proyecto
Director del Proyecto	Cumplir la metodología – Aprobar cambios que impliquen variaciones menores al 5% en Tiempo o Costo del proyecto. Asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad
Equipo de Proyecto	Asegurar el cumplimiento de la calidad
Planeamiento y Control	Realizar las mediciones para verificar el cumplimiento de la calidad
Gestor de Calidad	Verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad

Nota: La Tabla 29 muestra las responsabilidades en relación con la calidad del proyecto. Autoría propia.

4.5.2 Gestionar y controlar la calidad

De acuerdo con Rose (2008), el “aseguramiento de la calidad tiene que ver con el programa; es el conjunto de actividades que el equipo del proyecto va a desarrollar para cumplir con los objetivos del proyecto” (p.85).

En relación con el Control de Calidad, se define una línea base en la cual se establecen los aspectos que deben de controlarse en las actividades de mayor relevancia, dificultad de ejecución o riesgos por incumplimiento de especificaciones.

Si producto de la aplicación del control de calidad, los resultados no son aceptables el entregable se considerará para rechazo. Si el Director de Proyecto determina que el problema detectado se puede resolver de forma inmediata, no será necesario abrir una No Conformidad y se procederá a resolver y documentar. En los casos en que las deficiencias se subsanen sobre la marcha se anotará la incidencia en el registro de inspección o bitácora de obra de forma que se pueda dar trazabilidad y en caso de ser problemas repetitivos se debe desarrollar una acción correctiva.

En los casos en que los resultados de evaluación de calidad sean deficientes se debe abrir una No Conformidad y como consecuencia se debe implementar una acción correctiva. El equipo de proyecto debe determinar la causa raíz y proponer las acciones para la eliminación de sus causas.

En la Tabla 30 presentan las acciones que permitirán asegurar que se cumplan los objetivos y métricas de calidad, para que se logren los requisitos del proyecto. Se incluyen las acciones de gestión (costos de calidad preventivos) y las acciones de control (costos de calidad de detección) para que la gestión de calidad se desarrolle adecuadamente.

Tabla 30*Actividades de Gestión y Control de Calidad.*

Entregable	Requisito	Actividades de Gestión y control	Frecuencia	Responsable
Cronograma	Cumplimiento del tiempo estimado para el proyecto	Gestión: Aplico el procedimiento para el control del cronograma. – Solicito el informe de avances del proyecto.	Semanal	Director del proyecto
		Control: Recolecto la información de avances en las obras del proyecto. Actualizo los datos y gráficos de control. Genero el reporte avance real vs programado.	Semanal	Planeamiento y Control
Presupuesto	Cumplimiento del presupuesto estimado del proyecto	Gestión: Aplico el procedimiento para el control del presupuesto. Solicito el informe de ejecución del proyecto.	Semanal	Director del Proyecto
		Control: Descargo la información de los sistemas de costos ERP. Actualizo los datos y gráficos de control. Genero el reporte de avance costo real vs programado. Genero el gráfico de valor ganado.	Semanal	Planeamiento y Control
Alcance	Cumplimiento del alcance del proyecto	Gestión: Realizó la verificación del cumplimiento del Alcance. Solicito el informe de control de cambios.	Mensual	Director del Proyecto
		Control: Llevo el control de cambios. Actualizo las bases de datos de cambios. Genero el informe de control de cambios	Mensual	Ingeniero perforador
Control Direccional	Adecuado direccionamiento del pozo para lograr el objetivo geológico	Gestión: Solicito los reportes de control direccional. Solicito ajustes en caso de existir desviaciones	Cada 30 m.	Ingeniero perforador
		Control: Mido el ángulo de desviación y el Azimut del pozo. Verifico que las mediciones se encuentran dentro del parámetro. Actualizo el registro de direccionamiento del pozo		
Tubería de revestimiento	Asegurar la integralidad del pozo	Gestión: Solicito el reporte de las pruebas de integridad del revestimiento. En caso de fallas solicito la reparación del pozo.	Al finalizar el pozo	Director del Proyecto
		Control: Realizo la prueba de integridad del revestimiento. Verifico la integridad del revestimiento. Realizo el reporte de la prueba.		Ingeniero perforador
Pozo	Adecuada capacidad de aceptación	Gestión: Solicito las pruebas de evaluación del pozo. Solicito los resultados de las pruebas del pozo. Verifico los resultados de las pruebas. En caso de resultados fuera del rango solicito realizar mejoramiento del pozo.	Al finalizar las tercera y cuarta etapa	Director del proyecto
	Adecuada capacidad de producción	Control: Realizo pruebas de evaluación. Documentos los resultados. Realizo las actividades de mejoramiento.	Al finalizar la cuarta etapa	Ingeniero perforador

Nota: La Tabla 30 muestra las actividades de gestión y control de calidad. Autoría propia

4.6 Plan de Gestión de los Recursos

La gestión de los recursos es de suma importancia debido a que los mismos son escasos en las empresas por lo que los proyectos deben competir por ellos, por lo tanto, Director de Proyecto debe garantizar un uso eficiente de los mismos para asegurar un alto nivel de desempeño del proyecto. Considerando lo anterior en la Tabla 31 se muestra la descripción del Plan de Gestión de los Recursos definidos para el proyecto.

Tabla 31

Plan de gestión de los recursos del proyecto.

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión de los recursos.	Es el proceso de definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y los recursos del equipo del proyecto.	Para la planificación de la gestión de los recursos el Equipo de Proyecto debe aplicar el criterio experto y preparar la Estructura de desglose de recursos (EDR), identificar los recursos requeridos, preparar la matriz de asignación de responsabilidades (RAM) utilizando el diagrama RACI y elaborar la matriz de roles y competencias.
2. Estimar los recursos de las actividades.	Es el proceso de estimar los recursos del equipo y el tipo y las cantidades de materiales, equipamiento y suministros necesarios para ejecutar el trabajo del proyecto	El Equipo de Proyecto, debe utilizar el criterio experto, la estimación ascendente y la paramétrica, para definir los requisitos de los recursos, y determinar las cantidades necesarias para el proyecto.
3. Adquirir los recursos.	Es el proceso de obtener miembros del equipo, instalaciones, equipamiento, materiales, suministros y otros recursos necesarios para completar el trabajo del proyecto.	El Equipo de Proyecto debe definir cuales recursos pueden obtenerse a lo interno de la organización y cuales deben contratarse de forma externa.
4. Desarrollar el equipo	Es el proceso de mejorar las competencias, la interacción entre los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño del proyecto	El Director de Proyecto debe definir la estrategia para desarrollar el equipo, definir como se gestionará el equipo ya sea utilizando la coubicación, equipos virtuales y tecnologías de la comunicación y definir las actividades de capacitación requeridas, así como la

Proceso	Descripción	Gestiones
5. Dirigir el equipo	Es el proceso que consiste en hacer seguimiento del desempeño de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios en el equipo a fin de optimizar el desempeño del proyecto	<p>forma en la que se realizarán las evaluaciones individuales y de equipo.</p> <p>El Director de Proyecto debe utilizar la gestión de conflictos, la toma de decisiones, la inteligencia emocional, la influencia y el liderazgo para motivar e incentivar para lograr un equipo de alto rendimiento. Debe lograr que se cuente con los recursos necesarios en el momento oportuno e igualmente que se liberen los que no son requeridos de forma oportuna.</p>
6. Controlar los recursos	Es el proceso de asegurar que los recursos asignados y adjudicados al proyecto están disponibles tal como se planificó, así como de monitorear la utilización de recursos planificada frente a la real y realizar acciones correctivas según sea necesario	El Director de Proyecto debe mantener un monitoreo continuo los requerimientos equipos, herramientas y materiales para obtener los necesarios en el momento oportuno y liberar los que ya no sean requeridos.

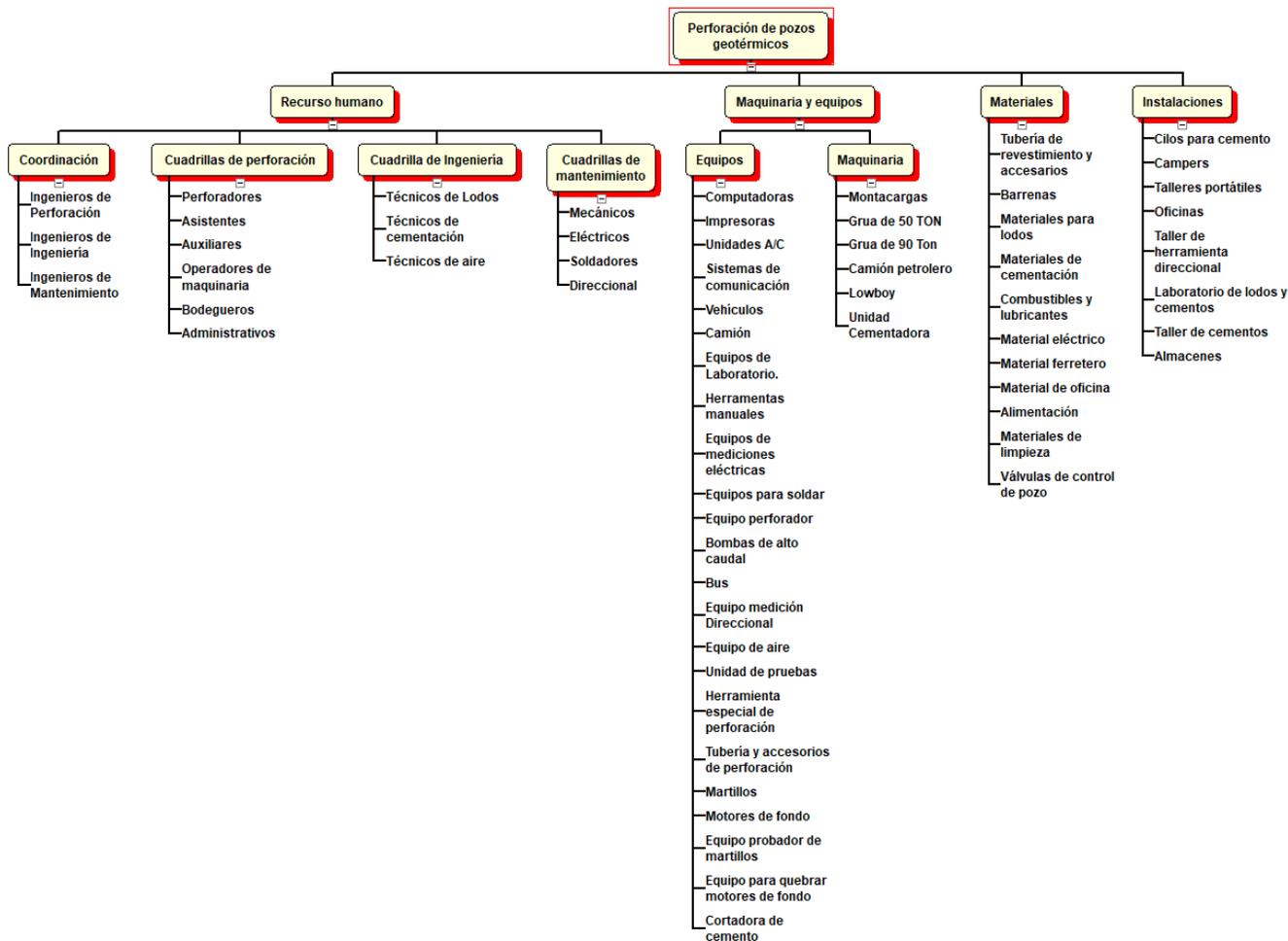
Nota: La Tabla 31 muestra el plan de gestión de la calidad del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.6.1 Planificar la gestión de los recursos

Con el objetivo de definir cuáles son los recursos requeridos por el proyecto, se define la estructura de desglose de recursos tal como se muestra en la Figura 33. La estructura se divide en las necesidades de personal, los requerimientos de herramienta, maquinaria y equipos, los materiales requeridos y las instalaciones necesarias para que pueda realizar el trabajo necesario para completar los entregables del proyecto.

Figura 33

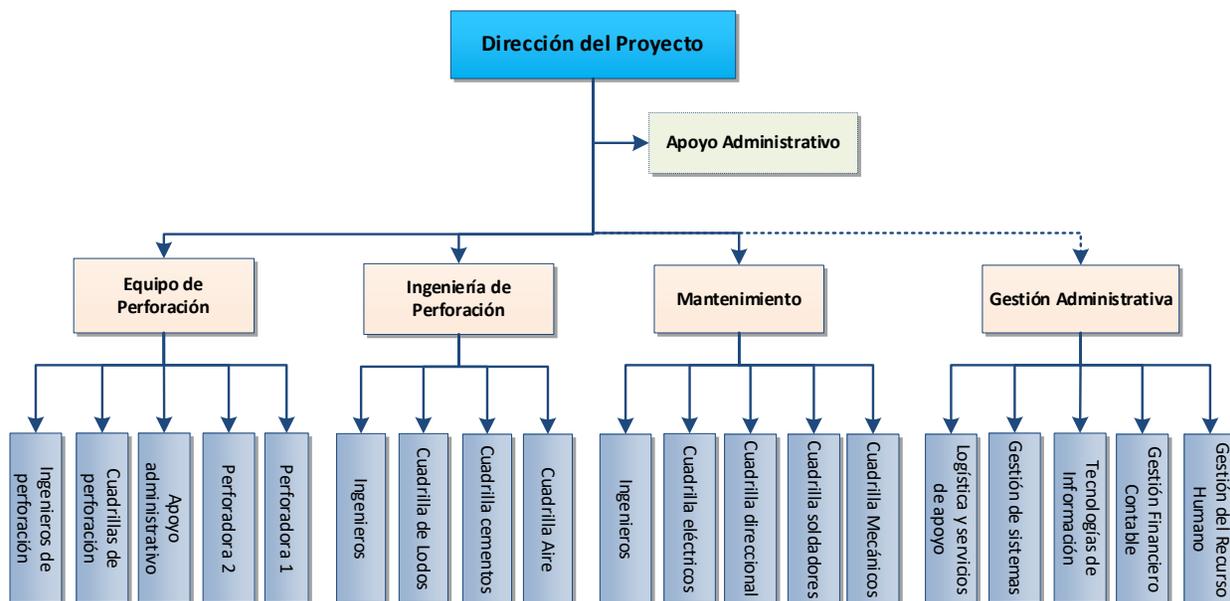
Estructura de desglose de recursos.



Nota: La Figura 33 muestra la Estructura de Desglose de Recursos del proyecto. Autoría propia.

Como parte de la planificación de los recursos requeridos, en la Figura 34 se establece la estructura organizacional del proyecto, misma que se conforma de, la dirección, apoyo administrativo, equipo de perforación y las unidades de Ingeniería y Mantenimiento. Adicionalmente se requiere el apoyo de forma matricial de la unidad administrativa, la cual no forma parte de la estructura del proyecto, pero le presta servicios al mismo.

Figura 34
Organigrama del proyecto.



Nota: La Figura 34 muestra el organigrama del proyecto. Autoría propia.

En la Tabla 32 se muestran las responsabilidades y competencias definidas para los principales roles de la estructura organizativa del proyecto.

Tabla 32
Roles, responsabilidades y competencias

Rol	Responsabilidades	Competencias
Director del Proyecto	<p>Coordinar el proceso de planificación del proyecto.</p> <p>Dirigir la ejecución del proyecto.</p> <p>Dirigir, coordinar y ejecutar el control, seguimiento y evaluación del proyecto.</p> <p>Dirigir los procesos de relaciones y negociación con partes interesadas.</p> <p>Guiar al equipo y propiciar una buena comunicación</p>	<p>Profesional en ingeniería.</p> <p>Conocimiento en gestión de proyectos.</p> <p>Capacidad para organizar, coordinar y motivar equipos de trabajo.</p>

Rol	Responsabilidades	Competencias
Equipo de proyectos, conformado por los coordinadores de los diferentes equipos de proyecto.	<p>entre los integrantes.</p> <p>Apoyar al director de proyectos en la realización de las actividades y procesos de planificación.</p> <p>Revisar los procedimientos, elaborar las propuestas de rediseños y proponer los ajustes que correspondan para asegurar que los entregables cumplan con lo solicitado.</p> <p>Participar en la elaboración de los entregables del Proyecto.</p> <p>Gestionar las solicitudes de cambio y en caso de ser aprobadas asegurar que las mismas ejecutadas.</p>	<p>Profesionales con experiencia en sus campos de especialidad.</p> <p>Capacidad para liderar equipos de trabajo.</p> <p>Conocimientos en gestión de proyectos.</p>
Equipo de apoyo administrativo	<p>Asistir en la coordinación de tareas operativas del proyecto (coordinación de reuniones técnicas, seguimiento al cumplimiento de responsabilidades de las partes, elaboración de reportes, etc.)</p> <p>Asegurar que toda la documentación del proyecto sea adecuadamente recopilada y custodiada.</p> <p>Elaborar las minutas de las reuniones y dar seguimiento al cumplimiento de los acuerdos.</p> <p>Apoyar en los procesos de adquisiciones y el suministro de los materiales requeridos para el proyecto.</p> <p>Alimentar base de datos de</p>	<p>Conocimientos en los sistemas administrativos de la organización.</p> <p>Conocimientos en gestión de compras y sistemas de información de la organización.</p>

Rol	Responsabilidades	Competencias
	proveedores.	
Ingenieros de perforación	Ejecutar el trabajo del proyecto. Cumplir con los indicadores de desempeño. Gestionar los recursos del proyecto.	Profesionales con amplia experiencia en perforación de pozos geotérmicos. Excelentes habilidades en manejo de personal.
Profesionales de ingeniería	Brindar los servicios de lodos, aire y cementos requeridos para la construcción del pozo.	Profesionales con amplia experiencia en las especialidades de lodos, aire y cementos en la perforación de pozos geotérmicos.
Ingenieros de mantenimiento	Realizar el mantenimiento para asegurar la adecuada operación y disponibilidad de los equipos de perforación.	Profesionales con amplia experiencia en mantenimiento de sistemas asociados a los equipos de perforación de pozos geotérmicos
Personal operativo	Ejecutar las labores asociadas a la perforación del pozo, manejo de lodos, la cementación y el mantenimiento de equipos.	Experiencia en labores de operación de equipos de perforación.

Nota: La Tabla 32 muestra los roles, responsabilidades y competencias de los integrantes del proyecto. Autoría propia.

Matriz RACEP del proyecto.

La matriz RACEP (**R**: Revisa, **A**: Autoriza, **C**: Coordina, **E**: Ejecuta y **P**: Participa) es un diagrama de asignaciones de responsabilidades para las diferentes actividades del proyecto. De acuerdo con el PMI (2017) se utiliza para ilustrar la relación entre las actividades y los miembros del equipo del proyecto (p. 317). En la Tabla 32 se muestra el diagrama de asignación de responsabilidades del proyecto.

Tabla 33*Matriz de asignación de responsabilidades del proyecto*

Nombre de tarea	Patrocinador	Director	Apoyo Administrativo	Responsable Perforación	Ingeniero Perforador	Responsable Ingeniería	Responsable mantenimiento	Personal operativo
Perforación de pozos geotérmicos								
Gestión del Proyecto								
Procesos de Inicio y Planificación	A	C	P	E	E	E	E	
Procesos de monitoreo y control	I	A	E	E	E	E	E	P
Procesos de cierre	A	C	P	P	P	P	P	P
Proceso de Perforación								
Construcción del pozo	I	A	P	C	C	C	C	P
Traslado de Máquina perforadora	I	A	P	C	E	I	I	E
Armado de la Perforadora y equipos	I	I	I	A	C	I	I	E
Construcción de agujero auxiliar	I	I	I	A	C	I	I	E
Construcción Primera Etapa	I	I	I	A	C	I	I	E
Armado de herramienta	I	I	I	A	C	I	I	E
Diseñar lodo de perforación	I	I	I	C	P	A	I	E
Preparar, circular y mantener lodo de perforación	I	I	I	C	P	A	I	E
Perforar agujero de 609 mm	I	I	I	A	C	I	I	E
Calcular y preparar tubería de 473 mm	I	I	I	A	C	I	I	E
Descender tubería de 473	I	I	I	A	C	I	I	E
Cementación Primera Etapa								
Traslado del equipo y preparación de elementos.	I	I	P	P	C	A	I	E
Diseñar y preparar la lechada de cementación	I	I	P	P	C	A	I	E
Cementar la tubería de revestimiento	I	I	P	P	C	A	I	E
Retirar el equipo de cementación	I	I	P	P	C	A	I	E
Construcción Segunda Etapa								
Colocar los preventores de reventones	I	I	I	A	C	I	I	E
Armado de herramienta	I	I	I	A	C	I	I	E
Diseñar lodo de perforación	I	I	I	C	P	A	I	E

Nombre de tarea	Patrocinador	Director	Apoyo Administrativo	Responsable Perforación	Ingeniero Perforador	Responsable Ingeniería	Responsable mantenimiento	Personal operativo
Herramienta Direccional								
Suministro Herramienta Primera Etapa	I	I	P	C	C	I	A	E
Suministro Herramienta Segunda Etapa	I	I	P	C	C	I	A	E
Suministro Herramienta Tercera Etapa	I	I	P	C	C	I	A	E
Suministro Herramienta Cuarta Etapa	I	I	P	C	C	I	A	E
Mantenimiento								
Sistemas de Perforación	I	I	P	C	C	I	A	E
Sistema de Lodos	I	I	P	C	C	I	A	E
Sistema de Cementación	I	I	P	C	C	I	A	E
Sistema de Aire	I	I	P	C	C	I	A	E
Sistema Direccional	I	I	P	C	C	I	A	E
Pruebas en el pozo								
Localización de zonas permeables								
Prueba de localización 3ra etapa	A	C	P	C	C	P	P	E
Pruebas de producción e inyectabilidad								
Prueba de inyectabilidad 3ra etapa	A	C	P	C	C	P	P	E
Pruebas de producción última etapa								
Pruebas de integridad								
Finalización del pozo								
Quebrado de herramienta	I	I	P	C	C	I	A	E
Desarme del equipo	I	I	P	C	C	I	A	E
Limpieza del sitio	I	I	P	C	C	I	A	E
Informe final	A	C	P	E	E	E	E	
R: Revisa, A: Autoriza, C: Coordina, E: Ejecuta y P: Participa								

Nota: La Tabla 33 muestra la matriz de asignación de responsabilidades del proyecto. Autoría propia.

4.6.2 Estimar los recursos

Para la adecuada ejecución del proyecto se deben estimar los recursos necesarios de acuerdo con el alcance definido. El equipo de proyecto debe realizar la estimación de todos los recursos necesarios según se muestra en Tabla 34.

Tabla 34

Tabla de recursos del proyecto

Nombre de recurso	Unidad	Cantidad
Perforación de pozos geotérmicos		
Recurso humano		
Coordinación	c/u	
Ingenieros de Perforación	c/u	4
Ingenieros de Ingeniería	c/u	2
Ingenieros de Mantenimiento	c/u	2
Cuadrillas de perforación		
Perforadores	c/u	8
Asistentes	c/u	4
Auxiliares	c/u	14
Operadores de maquinaria	c/u	4
Bodegueros	c/u	4
Administrativos	c/u	2
Cuadrilla de Ingeniería	c/u	
Técnicos de Lodos	c/u	5
Técnicos de cementación	c/u	4
Técnicos de aire	c/u	4
Cuadrillas de mantenimiento	c/u	
Mecánicos	c/u	4
Eléctricos	c/u	2
Soldadores	c/u	4
Direccional	c/u	6
Maquinaria y equipos		
Equipos	c/u	
Computadoras	c/u	15
Impresoras	c/u	2
Unidades A/C	c/u	10
Sistemas de comunicación	c/u	1
Vehículos	c/u	3

Nombre de recurso	Unidad	Cantidad
Camión	c/u	1
Equipos de Laboratorio.	c/u	1
Herramientas manuales	c/u	1
Equipos de mediciones eléctricas	c/u	1
Equipos para soldar	c/u	4
Equipo perforador	c/u	1
Bombas de alto caudal	c/u	2
Bus	c/u	2
Equipo medición Direccional	c/u	2
Equipo de aire	c/u	1
Unidad de pruebas	c/u	1
Herramienta especial de perforación	c/u	1
Martillos	c/u	4
Motores de fondo	c/u	6
Equipo probador de martillos	c/u	1
Equipo para quebrar motores de fondo	c/u	1
Cortadora de cemento	c/u	1
Maquinaria		
Montacargas	c/u	2
Grúa de 50 TON	c/u	1
Grúa de 90 Ton	c/u	1
Camión petrolero	c/u	1
Low boy	c/u	1
Unidad Cementación	c/u	1
Instalaciones		
Silos para cemento	c/u	4
Campers	c/u	4
Talleres portátiles	c/u	3
Oficinas	c/u	6
Taller de herramienta direccional	c/u	1
Laboratorio de lodos y cementos	c/u	1
Taller de cementos	c/u	1
Almacenes	c/u	2
Materiales		
Cabezal de acero, 539,75 mm	c/u	1
Collar flotador 473 mm	c/u	1
Zapatas flotadora guía 473 mm	c/u	1
Centralizador p/ademe 473 mm flexible	c/u	8

Nombre de recurso	Unidad	Cantidad
Tubo de revestimiento) de 473 mm	c/u	31
Carrete de expansión de acero	c/u	1
Collar flotador 340 mm	c/u	1
Zapatillas flotadora guía 340 mm	c/u	1
Centralizador p/ademe 340 mm flexible	c/u	8
Tubo de revestimiento de 340 mm	c/u	79
Tubo de revestimiento de 244 mm	c/u	1
Colgador de acero	c/u	1
Tubo ademe ranurado de 273 mm	c/u	79
Tubo de revestimiento de 273 mm	c/u	10
Tubo de revestimiento de 244 mm	c/u	4
Cruz de acero, 304,80 mm	c/u	1
Válvula de expansión 304,8 mm	c/u	1
Válvula de compuerta de 305 mm	c/u	2
Ensamble superior de acero 304,8 mm	c/u	1
Tubo de revestimiento de 194 mm (7 5/8 pulg)	c/u	1
Colgador de 194 mm	c/u	1
Barrena de perforación 610 mm	c/u	1
Barrena de perforación 445 mm	c/u	3
Barrena de perforación 311 mm	c/u	7
Barrena de 216 mm	c/u	5
Barrena saca muestra 216 mm	c/u	1
Dado de aleación de acero	c/u	50
Anillo brida 346 mm	c/u	3
Anillo brida 540 mm	c/u	3
Anillo 254 mm	c/u	2
Anillo 79 mm	c/u	2
Esparrago 41,27 mm x 381 mm	c/u	1
Esparrago 41,27 mm x 330 mm	c/u	1
Esparrago 22,22 mm x 152 mm	c/u	1
Esparrago 31,75 mm x 222,25 mm	c/u	1
Cable roncós 15,87 mm	c/u	2
Cable acero c/alma acero 19,05 mm	c/u	200
Rollo de Alambre 2,34 mm	c/u	2
Materiales de cementación	c/u	1
Materiales de lodos	c/u	1

Nota: La Tabla 34 muestra el listado de materiales requeridos para el proyecto. Autoría propia.

4.6.3 Adquirir los recursos

Una vez que se han definidos los recursos requeridos, el Equipo de Proyecto debe elaborar el plan de adquisiciones. Para la ejecución del plan, conforme se requieren los insumos, se deben trasladar las solicitudes de requerimientos al Área de Gestión Administrativa para que procedan con las compras. Dado que la empresa es pública se rige por la Ley de Contratación Administrativa y debe seguir todos sus lineamientos, por lo tanto, utiliza las figuras de Compras Directas, Licitaciones y Compras de Menor Cuantía, en todos los casos debe sacar un concurso en el cual participan los proveedores interesados y se adjudican los bienes al que cumple con los requisitos establecidos y adicionalmente obtienen la mayor calificación.

En lo que respecta a los requerimientos de personal, por el nivel de especialización necesario, la empresa cuenta con los funcionarios necesarios para el desarrollo de los proyectos, sin embargo, en caso de presentarse necesidades adicionales, el encargado del proceso realiza la solicitud y justifica el requerimiento, si el Director del Proyecto aprueba la necesidad, debe gestionar la contratación con el Área de Gestión Administrativa la cual realiza el estudio de oferentes y proporciona una terna de candidatos para ser evaluados y seleccionar la persona que mejor se ajuste al perfil requerido.

Referente a vehículos maquinaria y equipos, la empresa cuenta con inventarios por lo que, el responsable de cada proceso debe establecer las necesidades y programar los requerimientos. Una vez definidas las necesidades y fechas, se debe presentar los requerimientos a la Gestión Administrativa para que gestionen lo requerido por el proyecto. Es responsabilidad de cada coordinador de proceso realizar la liberación del equipo en el momento que éste no sea requerido.

4.6.4 Desarrollar el equipo

Para agilizar la toma de decisiones, así como el flujo de información, se deben utilizar sistemas informáticos para la captura diaria de la información y semanalmente realizar reuniones formales usando la herramienta TEAMS en la cual participa el Equipo de Proyecto.

Como parte del desarrollo del equipo, los miembros se mantendrán en constante actualización de conocimientos técnicos asociados con las técnicas de perforación, innovaciones recientes en el mercado, tanto a nivel de prácticas constructivas como de herramientas y materiales, para lo cual se invitará a proveedores para exponer los avances en el mercado y los profesionales más experimentados realizarán charlas sobre sus procesos.

Para motivar a los integrantes del equipo, así como contribuir al aprendizaje general, semanalmente cada responsable de proceso presentará los resultados y avances de la semana, con el objetivo de conocer el avance, analizar los resultados con los demás miembros del equipo e identificar oportunidades de mejora.

Cada vez que se presente una actividad compleja, o un problema en el proceso constructivo, se realizará un análisis de causa raíz y se propondrán las mejoras a implementar para reducir las posibilidades de reincidencia. Todo el proceso será expuesto al equipo de proyecto para discutir y documentar las lecciones aprendidas.

El Director de Proyecto debe continuamente incentivar el trabajo en equipo en todos los miembros del proyecto. Para esto mensualmente realiza reuniones con los integrantes del proyecto en las cuales deberá enfatizar sobre la importancia del trabajo en equipo, análisis de problemas, comunicación asertiva, inteligencia emocional, servicio al cliente interno y sobre los objetivos del proyecto.

4.6.5 Dirigir el equipo

En caso de identificarse un potencial conflicto, el Director de Proyecto debe realizar una reunión para discutir sobre las potenciales causas y explorar experiencias pasadas de los

integrantes que ayuden en la búsqueda de las mejores soluciones. De tratarse de temas personales, el tema debe ser tratado de forma inmediata directamente con los involucrados, no debe dejar que transcurran periodos prolongados de tiempo sin atender potenciales conflictos debido a que esto puede originar problemas con otros miembros del equipo.

Semanalmente se revisarán los indicadores de desempeño del proyecto con el objetivo de analizar los avances y en caso de ser necesario plantear las acciones para corregir potenciales desviaciones. El desempeño general del proyecto forma parte de la evaluación grupal del equipo, adicionalmente todos los miembros del equipo tendrán evaluaciones de desempeño individuales, cuyos avances serán revisados de forma mensual. El Director de Proyecto programará sesiones de seguimiento individuales para realizar la revisión de los resultados y realizar el reconocimiento por los logros obtenidos o consensuar sobre las acciones de mejora que deba realizar el colaborador para nivelar su desempeño.

4.6.6 Controlar los recursos

El Director de Proyecto debe mantener un monitoreo continuo de los requerimientos equipos, herramientas y materiales requeridos para el proyecto, para esto mantendrá una revisión semanal de los avances de los procesos de adquisición programados y solicitará acciones correctivas en caso de detectar desviaciones.

Los profesionales responsables de cada proceso deben asegurar que los recursos asignados se mantienen en óptimas condiciones y son utilizados adecuadamente. Deben definir las fechas en las que los requieren y en caso de maquinaria, equipos o herramientas, liberarlos en cuanto no sean requeridos para que puedan ser utilizados por otros grupos de la organización o puedan ser enviados a mantenimiento.

4.7 Plan de Gestión de las Comunicaciones

Para la Gestión de Proyectos, como para cualquier otra actividad, el adecuado manejo de las comunicaciones resulta fundamental para lograr los objetivos. Esto debido a que permite; la adecuada coordinación del trabajo, gestionar adecuadamente las necesidades de todos los procesos y miembros del proyecto y prevenir conflictos internos y externos relacionados con los interesados de este. Por lo anterior con el objetivo de asegurar un manejo adecuado del tema, en la Tabla 35 se presenta el Plan para la Gestión de las Comunicaciones del Proyecto que se debe implementar.

Tabla 35

Plan de gestión de las comunicaciones del proyecto.

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión de las Comunicaciones.	Es el proceso de desarrollar un enfoque y un plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto basados en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto.	Para la planificación de la gestión de las comunicaciones el Equipo Director debe definir los requisitos de comunicación de los interesados, debe establecer qué va a comunicar, con qué frecuencia lo hará, quien será el responsable de definir, autorizar y realizar las comunicaciones y los métodos a utilizar en cada caso.
2. Gestionar las Comunicaciones.	Es el proceso de garantizar que la recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.	Los responsables definidos deben ejecutar el plan de comunicaciones de acuerdo con lo establecido.
3. Monitorear las Comunicaciones	Es el proceso de asegurar que se satisfagan las necesidades de información del proyecto y de sus interesados.	El Director de Proyecto debe realizar el seguimiento de las comunicaciones del proyecto y asegurarse que las mismas se realizan de acuerdo con lo establecido en los planes respectivos y que las mismas están logrando los objetivos definidos y en caso de no ser así, solicitar los planes de acción necesarios para corregir las desviaciones.

Nota: La Tabla 35 muestra el plan de gestión de las comunicaciones del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.7.1 Planificar la gestión de las comunicaciones

Para la adecuada gestión de las comunicaciones del proyecto se identifican como información, mensajes y/o documentos principales que se deben divulgar los siguientes;

- Chárter del proyecto.
- Registro de interesados
- Cronograma de actividades.
- Gráfico de avance del proyecto.
- Presupuesto.
- Gráfico de avance del costo y valor ganado.
- Registros de incidentes.
- Registros de cambios en el proyecto.
- Registro de resultados de calidad del proyecto.
- Plan de adquisición de recursos.
- Plan de comunicaciones del proyecto.
- Registro de comunicaciones.
- Registro de quejas y solicitudes.
- Registros de riesgos del proyecto.
- Todos los documentos, herramientas, informes y planes de interés para el proyecto.

4.7.1.1 Roles en la comunicación del proyecto

La alta dirección de la empresa la conforman la Presidencia Ejecutiva, la Gerencia y el patrocinador. Estos serán los encargados de establecer las políticas en relación con las comunicaciones en general de la organización y por lo tanto las relacionadas al proyecto.

La Dirección del proyecto es la que autoriza con base en las políticas definidas por la alta dirección, el plan de comunicación del Proyecto. Toda comunicación que se deban dirigir a

interesados externos del proyecto debe ser previamente revisada y autorizada por el Director de Proyecto.

4.7.2 Gestionar las comunicaciones

Para la gestión de las comunicaciones, el equipo de proyecto y los diferentes involucrados deberán utilizar los mecanismos de comunicación que se muestran en la Tabla 36 en la cual se indican cuales medios se consideran formales e informales.

Tabla 36
Mecanismos de comunicación para el proyecto.

Medio		Descripción	Público meta
Verbal	Reuniones (formal)	Las reuniones se consideran un medio de comunicación verbal formal para el proyecto siempre que cuenten con su respectiva minuta de reunión, en la cual se realizará una descripción de los temas tratados, se levantará una lista de acuerdos con sus respectivos responsables y será firmada por todos los asistentes. Las reuniones pueden ser realizadas en forma presencial o virtual usando las herramientas tecnológicas como el TEAMS, ZOOM u otras en cuyo caso las minutas pueden ser firmadas con firma digital.	Reuniones de seguimiento y coordinación del proyecto. Presentación de resultados al patrocinador u otros interesados. Reuniones comunales. Reuniones con proveedores o clientes. Reuniones de promoción del proyecto.
	Conversaciones (informal)	En todo momento los miembros del equipo deben utilizar la comunicación verbal para coordinar sus actividades y gestionar el desarrollo de sus responsabilidades en el proyecto. Este tipo de comunicaciones se considera no formal en el tanto no queda un registro de posibles acuerdos o compromisos. Puede realizarse de forma presencial, llamadas telefónicas, o video conferencias.	Equipo de Proyectos. Patrocinador. Partes interesadas. Proveedores.
Escrita	Notas, informes, reportes, gráficos, esquemas, correos. (formal)	La comunicación escrita se considera un canal de comunicación formal del proyecto. Puede ser utilizado para comunicar los avances del proyecto, envío de informes, coordinar actividades, etc. En estas se incluyen los correos electrónicos.	Equipo de Proyectos. Patrocinador. Partes interesadas. Proveedores.

Nota: La Tabla 36 muestra los diferentes mecanismos de comunicación del proyecto. Autoría propia.

Mediante el uso de los medios definidos en la tabla anterior, los responsables de las diferentes comunicaciones deben asegurarse de realizar una gestión que facilite la ejecución del proyecto y se eliminen conflictos causados por problemas de comunicación. En la tabla 37 se presenta la matriz de comunicaciones en la cual se muestran el tipo de comunicación, quien, y a quien debe dirigirse, la periodicidad y el propósito de la misma.

Tabla 37
Matriz de comunicaciones del proyecto.

Tipo de comunicación	Destinatario	Frecuencia	Responsable de comunicar	Propósito	Recursos
Chárter	Patrocinador	Al iniciar el proyecto	Director	Informar sobre el alcance del proyecto	Computadora, Internet, correo electrónico.
Registro de interesados	Patrocinador	Trimestral	Director	Informar sobre los interesados del proyecto	Computadora, Internet, correo electrónico.
Plan de Gestión del proyecto	Patrocinador	Cada gestión de cambio aprobado	Director	Informar sobre la forma en la que gestionará el proyecto.	Computadora, Internet, correo electrónico.
Minutas de reuniones	Personal involucrado en las reuniones	Cada reunión	Asistente	Mantener un registro de reuniones	Computadora, internet, correo electrónico.
Informes de avance	Patrocinador	Mensual	Director	Informar sobre el desempeño del proyecto	Computadora, Internet, correo electrónico.
Registros de incidentes.	Patrocinador	Mensual	Director	Solicitar la atención de los incidentes	Computadora, Internet, correo electrónico.
Registros de cambios en el proyecto.	Patrocinador	Cada vez que sea requerido	Director	Solicitar la aprobación de cambios	Computadora, Internet, correo electrónico.
Registro de comunicados.	Director	Mensual	Gestor de comunicaciones	Informar sobre los comunicados del proyecto	Computadora, Internet, correo electrónico, impresora, documentos impresos, vehículo.
Registro de quejas y solicitudes	Director	Semanal	Gestor Social	Informar sobre las solicitudes y quejas	Computadora, Internet, correo electrónico.
Registros de riesgos del proyecto	Director	Mensual	Gestor de Riesgos	Informar sobre los riesgos del proyecto.	Computadora, Internet, correo electrónico.
Lecciones aprendidas	Director del proyecto	Cada vez que se identifique	Equipo de proyecto	Documentar oportunidades de mejora	Computadora, Internet, correo electrónico.

Tipo de comunicación	Destinatario	Frecuencia	Responsable de comunicar	Propósito	Recursos
Aceptación de entregables	Patrocinador	una lección nueva Al finalizar el entregable	Director del proyecto	Trasladar el entregable al cliente	Computadora, Internet, correo electrónico.
Informe de Cierre del proyecto	Patrocinador	Al finalizar el proyecto	Director del proyecto	Finalizar el proyecto	Computadora, Internet, correo electrónico.

Nota: La Tabla 37 muestra la matriz de comunicaciones del proyecto. Autoría propia.

4.7.3 Monitorear las comunicaciones

El Director de Proyecto debe velar por el adecuado cumplimiento del plan de comunicaciones y asegurarse que el mismo es adecuado y se mantiene actualizado para que cumpla con su objetivo de mantener un flujo de información que permita lograr los objetivos y evite los conflictos internos y externos del proyecto. Para esto, en las reuniones mensuales el gestor de comunicaciones presentará el estado de avance del plan y las potenciales desviaciones u oportunidades de mejora que se logren identificar, en cuyo caso el equipo de proyecto propondrá, discutirá y aprobará los planes de acción para eliminar las desviaciones y aprovechar las oportunidades de mejora.

4.8 Plan de Gestión de Riesgos

La gestión de los riesgos del proyecto es determinante debido a que permite asegurar una mayor probabilidad de éxito en el cumplimiento de los objetivos establecidos. Esto debido a que permite; “aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos y disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos, a fin de optimizar las posibilidades de éxito del proyecto” (PMI, 2017, p. 395).

Dadas las limitaciones existentes en cuanto a software para realizar análisis de escenarios, para el proyecto se utilizará únicamente el análisis cualitativo de riesgos, el cual

consiste en la priorización de los riesgos individuales identificados para el proyecto mediante la evaluación de su probabilidad de ocurrencia y los posibles impactos sobre el proyecto.

Por lo anterior con el objetivo de asegurar un manejo adecuado de los Riesgos, en la Tabla 38 se presenta el Plan para la Gestión de los Riesgos del Proyecto que el Equipo de Proyectos debe implementar.

Tabla 38

Plan de gestión de riesgos del proyecto.

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión de los Riesgos.	El proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.	Para la planificación de la gestión de los riesgos el Equipo de Proyecto, utilizando criterio experto y el análisis de datos, debe definir la forma en la que se gestionarán los riesgos del proyecto, para lo cual crea la Estructura de Desglose de Riesgos (RBS), la escala y la matriz de probabilidad e impacto para la gestión de los riesgos del proyecto.
2. Identificar los Riesgos	El proceso de identificar los riesgos individuales del proyecto, así como las fuentes de riesgo general del proyecto y documentar sus características	El Equipo de Proyecto, utilizando criterio experto y el análisis de datos, debe crear el listado de riesgos del proyecto, definir los responsables del riesgo, establecer el listado de respuestas potenciales a los riesgos del proyecto.
3. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos	El proceso de priorizar los riesgos individuales del proyecto para análisis o acción posterior, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos, así como otras características.	El Equipo de Proyecto debe realizar la priorización cualitativa de los riesgos identificados para el proyecto.
4. Realizar el Análisis Cuantitativo de	El proceso de analizar numéricamente el efecto	Dadas las limitaciones existentes no se realizará este

Proceso	Descripción	Gestiones
Riesgos	combinado de los riesgos individuales del proyecto identificados y otras fuentes de incertidumbre sobre los objetivos generales del proyecto.	tipo de análisis de riesgos.
5. Planificar la Respuesta a los Riesgos	El proceso de desarrollar opciones, seleccionar estrategias y acordar acciones para abordar la exposición al riesgo del proyecto en general, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto.	El Equipo de Proyecto, utilizando criterio experto, el análisis de datos y las estrategias para amenazas, debe crear las acciones necesarias para enfrentar la materialización de los riesgos del proyecto.
6. Implementar la Respuesta a los Riesgos	El proceso de implementar planes acordados de respuesta a los riesgos.	Cada responsable del riesgo materializado debe ejecutar las acciones definidas para el riesgo, evaluar su eficacia y en caso necesario proponer acciones de mejora al plan de acciones ante futuras materializaciones del riesgo.
7. Monitorear los Riesgos	El proceso de monitorear la implementación de los planes acordados de respuesta a los riesgos, hacer seguimiento a los riesgos identificados, identificar y analizar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a lo largo del proyecto.	El Director de Proyecto debe mantener en constante monitoreo la gestión de riesgos, de forma mensual se debe presentar un informe de avance de la gestión de riesgos.

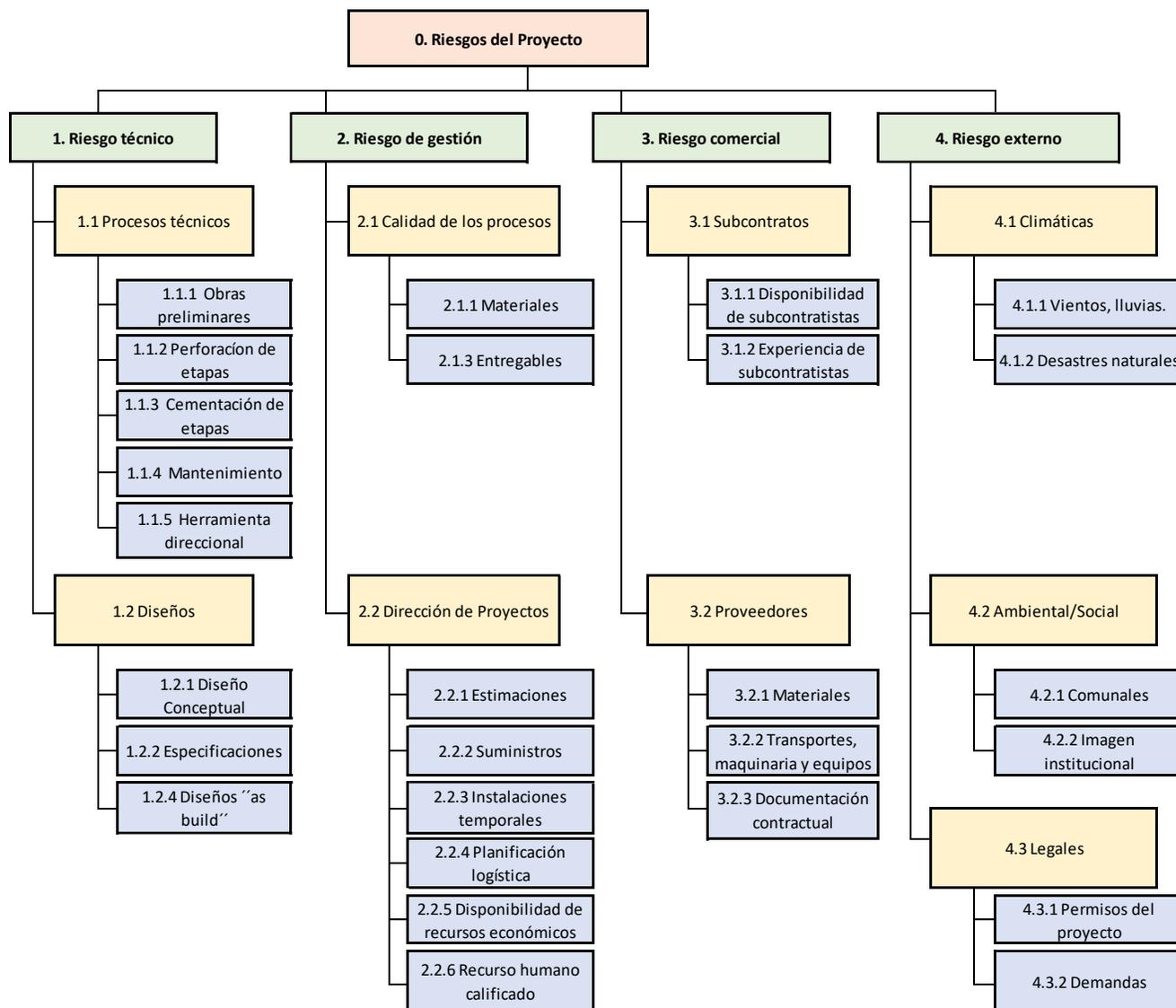
Nota: La Tabla 38 muestra el plan de gestión de riesgos del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.8.1 Planificación de la gestión de riesgos

La planificación de la gestión de los riesgos define como se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos (PMI, 2017, p. 405). Para el proyecto se utiliza como punto de partida la estructura de desglose de riesgos que se muestra en la Figura 37.

Figura 35

Estructura de desglose de riesgos del proyecto.



Nota: La Figura 35 muestra la Estructura de Desglose de Riesgos del proyecto Autoría propia.

Para realizar la valoración de riesgos el Equipo de Proyecto utiliza las escalas de valoración que se muestran en las Tablas 39, 40 y 41.

Tabla 39*Escala de valoración del impacto de un riesgo en los objetivos principales del proyecto*

Objetivo del proyecto	Muy Bajo 0,05	Bajo 0,1	Moderado 0,2	Alto 0,4	Muy alto 0,8
Costo	Insignificante incremento del costo	Incremento del costo < 5%	Incremento del costo entre el 5 –10 %	Incremento del costo entre el 10 –20 %	Incremento del costo > 20%
Cronograma	Insignificante variación del cronograma	Variación del cronograma < 5%	Desviación general del Proyecto 5 – 10 %	Desviación general del Proyecto 10 –20 %	Desviación general del Proyecto > 20 %
Alcance	Reducción del alcance apenas perceptible	Áreas menores del alcance son afectadas	Áreas mayores del alcance son afectadas	Reducción del alcance inaceptable para el cliente	El producto final del proyecto es inservible
Calidad	Degradación de la calidad apenas perceptible	Solo aplicaciones muy específicas son afectadas	La reducción de la calidad demanda la aprobación del cliente	Reducción de la calidad inaceptable para el cliente	El producto final del proyecto es inservible

Nota: La Tabla 39 muestra la escala de valoración del impacto de un riesgo en los objetivos principales del proyecto. Autoría propia.

Tabla 40*Marcador de riesgos negativos (P x I)*

Impacto		Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Probabilidad		0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Muy Probable	0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
Bastante probable	0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
Probable	0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
Poco Probable	0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
Muy poco probable	0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08

Nota: La Tabla 40 muestra los marcadores de riesgos negativos del proyecto Autoría propia.

Tabla 41*Marcador de riesgos positivos (P x I)*

Impacto		Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Probabilidad		0,8	0,4	0,2	0,1	0,05
Muy Probable	0,9	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
Bastante probable	0,7	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
Probable	0,5	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
Poco Probable	0,3	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
Muy poco probable	0,1	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01

Nota: La Tabla 41 muestra los marcadores de riesgos positivos del proyecto Autoría propia.

De acuerdo con la escala de valoración (Pxl) los riesgos se definen como bajos si están en el rango de 0,001 a 0,04, moderados si están en el rango de > 0,04 a >0,18 y altos si están en el rango de 0,18 a 0,72.

El rango de tolerancia al riesgo definido para el proyecto se establece en una relación Pxl de 0,10.

4.8.2 Identificación de los riesgos

A partir de la estructura de desglose de los riesgos definida para el proyecto, se identifican los riesgos, tal como se muestra en la Tabla 42 se identifican 36 riesgos para el proyecto.

Tabla 42

Identificación de los riesgos del proyecto

ID del Riesgo	RBS	Descripción del riesgo
PPG-001	1.1.1	Si no se dispone de los vehículos y maquinaria adecuada y en óptimas condiciones de operación, podría presentarse problemas en la movilización de los equipos y periféricos generando atrasos el inicio del proyecto provocando en incumplimiento del cronograma y aumentando el costo.
PPG-002	1.1.2	Si no se ejecutan las actividades de perforación con la técnica y experticia adecuadas, podría originarse problemas de atrapamientos o quebradura de herramientas generando atrasos en el cronograma, el costo y la calidad de los entregables.
PPG-003	1.1.2	Si no se solicitan los recursos requeridos en el tiempo y cantidades adecuadas, podría originarse problemas en la realización de las actividades de perforación generando atrasos en el cronograma.
PPG-004	1.1.2	Si se presentan condiciones geológicas muy diferentes a las proyectadas, entonces podría consumirse mayores recursos que los estimados generando atrasos en el cronograma y aumento en los costos
PPG-005	1.1.2	Si no se realiza una adecuada inspección y control de las condiciones de la herramienta de perforación, podría originarse problemas de quebraduras, atrapamientos y pérdida de herramienta generando atrasos en el cronograma y en el costo del proyecto.
PPG-006	1.1.3	Si no se ejecutan las actividades de cementación con la técnica y experticia adecuadas, podría originarse problemas de pérdidas de lechada por la ruptura de formación generando atrasos en el cronograma, el costo y la calidad de los entregables.
PPG-007	1.1.3	Si no se ejecutan las actividades de cementación con la técnica y experticia adecuadas, podría originarse problemas de calidad en la cementación generando atrasos en el cronograma, el costo y la calidad de los entregables.
PPG-008	1.1.4	Si no se ejecutan las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en el tiempo oportuno y con la técnica y experticia adecuadas, podría originarse problemas en el funcionamiento de los sistemas produciendo que se generando atrasos en el

ID del Riesgo	RBS	Descripción del riesgo
		cronograma, el costo y la calidad de los entregables.
PPG-009	1.1.4	Si no se solicitan los recursos requeridos en el tiempo y cantidades adecuadas, podría originarse problemas en la ejecución de las actividades de mantenimiento generando atrasos en el cronograma.
PPG-010	1.1.5	Si no se cuenta con la herramienta requerida en óptimas condiciones, podría originarse fallas, atrapamientos o pérdidas de elementos, generando atrasos en el cronograma y el costo del proyecto.
PPG-011	1.1.5	Si no se solicitan los recursos requeridos en el tiempo y cantidades adecuadas, podría originarse problemas en la ejecución de las actividades de perforación generando atrasos en el cronograma y aumento del costo.
PPG-012	1.2.1	Si no se realiza un diseño adecuado, podría originarse paralización de las actividades por falta de recursos debido problemas en las estimaciones generando aumentos en los costos y el tiempo del proyecto.
PPG-013	1.2.2	Si no se realizan especificaciones adecuadas, podría originarse avances menores a los promedios y el uso de materiales no óptimos generando aumentos en los tiempos del proyecto y afectaciones en la calidad de los entregables.
PPG-014	1.2.4	Si no se realizan adecuadamente los planos finales, podría originarse problemas en la información final de los entregables generando problemas en la recepción de los entregables por parte del cliente aumentando los tiempos del proyecto y sus costos.
PPG-015	2.1.1	Si se utilizan materiales o componentes que no cumplen con las calidades requeridas, entonces podría construirse los entregables con materiales deficientes generando el rechazo del cliente o atrasos que impacten el cronograma y costo del proyecto.
PPG-016	2.1.2	Si no se utilizan sistemas que garanticen una adecuada gestión de la calidad en los procesos constructivos, entonces podría construirse los entregables con estándares de calidad deficientes generando atrasos por la realización de correcciones que impacten el cronograma y costo del proyecto.
PPG-017	2.1.3	Si las obras presentan problemas de calidad o no cumplen con los requisitos establecidos en los diseños, entonces podría darse problemas de aceptación por parte del cliente, problemas en el funcionamiento del sistema o equipo generando atrasos que impacten el cronograma y presupuesto del proyecto.
PPG-018	2.2.1	Si las estimaciones de recursos no se realizan de forma adecuada, entonces podría darse problemas con la disponibilidad de los insumos necesarios para la correcta ejecución de las actividades generando atrasos que impacten el cronograma y presupuesto del proyecto.
PPG-019	2.2.1	Si durante el proceso constructivo los cambios aprobados no están presupuestados y programados adecuadamente, entonces podría originarse trabajos adicionales o mejoras no pactadas generando sobrecostos y atrasos en el hito de entrega del proyecto; que no estén reconocidos por el patrocinador.
PPG-020	2.2.2	Si no se realiza una logística que garantice la adecuada entrega y suministro de los recursos requeridos para el proyecto entonces podría afectar los tiempos de ejecución, generando retrasos en el cronograma de ejecución del proyecto.
PPG-021	2.2.3	Si se presentan entregas de materiales o equipos y no se cuenta con instalaciones adecuadas para su almacenaje y descarga, entonces podría ocasionarse daños, pérdida de garantía generando sobrecostos y atrasos en las obras.
PPG-022	2.2.4	Si se presentan entregas de materiales o equipos con mucha antelación al tiempo previsto para su instalación y puesta en marcha, o en tiempos posteriores a los requeridos, entonces podría ocasionarse daños a los materiales, pérdidas de garantías o atrasos en la obra generando sobrecostos y atrasos en las obras.
PPG-023	2.2.5	Si se presentan recortes presupuestarios, entonces podría darse atrasos en los tiempos para disponer de los recursos generando impactos en el cronograma y los costos.
PPG-024	2.2.6	Si no se cuenta con el recurso humano calificado, entonces podría darse atrasos en

ID del Riesgo	RBS	Descripción del riesgo
		las actividades por la curva de aprendizaje o por errores en la ejecución que impliquen reprocesos generando impactos en el cronograma y los costos del proyecto.
PPG-025	3.1.1	Si se presentan atrasos relacionados con la llegada de los subcontratistas durante el proceso de perforación entonces podría atrasarse las actividades generando afectaciones en el tiempo y costo del proyecto.
PPG-026	3.1.2	Si las empresas subcontratadas no cuentan con la experiencia suficiente entonces podría presentarse problemas de atrasos por incumplimiento de especificaciones o por retrabajos en el proceso generando aumento en los costos y el tiempo del proyecto.
PPG-027	3.2.1	Si se presentan rechazos de materiales, equipos o servicios, entonces podrían originarse retrasos en las actividades del proyecto generando afectaciones en el cronograma de ejecución del proyecto y sobrecostos
PPG-028	3.2.1	Si se presentan atrasos en la entrega de materiales, equipos o servicios, entonces podrían originarse retrasos en las actividades del proyecto generando afectaciones en el cronograma de ejecución del proyecto y sobrecostos
PPG-029	3.2.2	Si se presentan problemas de disponibilidad de transporte, maquinaria o equipos, entonces podrían originarse retrasos en las actividades del proyecto generando afectaciones en el cronograma de ejecución del proyecto y sobrecostos
PPG-030	3.2.3	Si los requisitos referentes a adquisiciones o contratos no están acordes con los requerimientos reales, entonces podría recibirse materiales o aceptarse contratos que no cumplan con los requerimientos e impliquen reclamos y atrasos en la entrega, generando impactos en los tiempos de ejecución del proyecto.
PPG-031	4.1.1	Si se presentan condiciones climáticas adversas entonces podría darse la paralización en las obras, disminuir el rendimiento por parte de los trabajadores y daños materiales y/o de infraestructura originando retrasos en el avance del proyecto y el aumento de su costo.
PPG-032	4.1.2	Si se presentan desastres naturales (sismos, terremotos, erupciones volcánicas) entonces podría presentarse daños a la infraestructura existente, pérdidas de bienes, vidas humanas y económicas, generándose atrasos en el proyecto y aumentando su costo.
PPG-033	4.2.1	Si se presentan problemas con propietarios, vecinos o comunidades dentro del área de influencia, entonces podría darse cierres de caminos generando atrasos al proyecto.
PPG-034	4.2.2	Si se presentan malestar por parte de los interesados externos, entonces podría darse reclamos y/o denuncias manifestaciones diversas, gestión negativa en redes sociales u otros medios, acciones legales y/o políticas, entre otros, por molestias asociadas al proyecto, generando afectaciones a la imagen institucional.
PPG-035	4.3.1	Si se generan informes confusos por su lenguaje técnico o faltas a la normativa vigente, entonces podría desencadenar en la intervención de las autoridades y la posible suspensión de actividades del proyecto generando atrasos, sobrecostos y e impactar negativamente la imagen del proyecto.
PPG-036	4.3.2	Si no se manejan de forma adecuada los contratos con los proveedores, entonces podría darse reclamos en los tribunales y retrasar las entregas de materiales generando atrasos y aumento de los costos del proyecto.

Nota: La Tabla 42 muestra los riesgos identificados para el proyecto. Autoría propia.

4.8.3 Análisis cualitativo de los riesgos

Para realizar el análisis cualitativo de riesgos se identifican las causas del riesgo, se definen los dueños de cada uno de ellos, se utilizan las Tablas 39 y 40 para definir la probabilidad e impacto de cada riesgo y con estos valores se define el rango del riesgo. El análisis realizado permite identificar que 14 riesgos se encuentran en el rango de 0,18 a 0,72 por lo que se consideran altos, 21 están en el rango de 0,05 a >0.18 por lo que se consideran moderados y un riesgo en el rango de 0,01 a <0,05 por lo que se considera bajo. En la Tabla 43 se muestra el detalle de la valoración y priorización realizada. El riesgo general del proyecto es moderado y su valor es de 0,16

Tabla 43

Valoración y priorización de los riesgos del proyecto

ID del Riesgo	RBS	Causa	Dueño	Referencia	WBS	Probabilidad	Impacto	Rango
PPG-007	1.1.3	Problemas en el control de calidad	InP	PGC	1.2.1	0,5	0,8	0,40
PPG-016	2.1.2	Problemas en el control de calidad	EP	PGC	1.1	0,5	0,8	0,40
PPG-023	2.2.5	Problemas en la planificación de recursos	DP	PGR	1.1	0,5	0,8	0,40
PPG-028	3.2.1	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGAd	1.1	0,7	0,4	0,28
PPG-031	4.1.1	Condiciones climáticas adversas	EP	PGRi	1.1	0,7	0,4	0,28
PPG-001	1.1.1	Problemas con la disponibilidad de recursos	IP	PGR	1.2.1.1	0,3	0,8	0,24
PPG-004	1.1.2	Problemas en el control de calidad	RGC	PGC	1.2.1	0,3	0,8	0,24
PPG-005	1.1.2	Problemas en el control de calidad	RGC	PGC	1.2.1	0,3	0,8	0,24
PPG-010	1.1.5	Problemas con la disponibilidad de recursos	IM	PGR	1.2.2	0,3	0,8	0,24
PPG-011	1.1.5	Problemas en la planificación de recursos	IM	PGR	1.2.2	0,5	0,4	0,20
PPG-018	2.2.1	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGR	1.1	0,5	0,4	0,2
PPG-027	3.2.1	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGAd	1.1	0,5	0,4	0,2
PPG-030	3.2.3	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGAd	1.1	0,5	0,4	0,2

PPG-033	4.2.1	Relaciones comunales	DP	PGI	1.1	0,5	0,4	0,2
PPG-003	1.1.2	Problemas en la planificación de recursos	IP	PGR	1.1	0,3	0,4	0,12
PPG-008	1.1.4	Problemas en la ejecución de actividades	IM	PGR	1.2.3	0,3	0,4	0,12
PPG-009	1.1.4	Problemas en la planificación de recursos	IM	PGR	1.2.3	0,3	0,4	0,12
PPG-012	1.2.1	Problemas en el diseño	EP	PGIn	1.1	0,3	0,4	0,12
PPG-013	1.2.2	Problemas en el diseño	EP	PGIn	1.1	0,3	0,4	0,12
PPG-014	1.2.4	Problemas en el diseño	EP	PGAI	1.1	0,3	0,4	0,12
PPG-025	3.1.1	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGAd	1.1	0,3	0,4	0,12
PPG-029	3.2.2	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGR	1.1	0,3	0,4	0,12
PPG-036	4.3.2	Problemas en la planificación de recursos	DP	PGAd	1.1	0,3	0,4	0,12
PPG-034	4.2.2	Relaciones comunales	DP	PGI	1.1	0,5	0,2	0,1
PPG-002	1.1.2	Problemas en la ejecución de actividades	IP	PGC	1.2.1	0,1	0,8	0,08
PPG-006	1.1.3	Problemas en la ejecución de actividades	InP	PGC	1.2.1	0,1	0,8	0,08
PPG-015	2.1.1	Problemas en el control de calidad	IP	PGC	1.1	0,1	0,8	0,08
PPG-020	2.2.2	Problemas en la gestión del proyecto	EP	PGAd	1.1	0,1	0,8	0,08
PPG-024	2.2.6	Problemas en la planificación de recursos	DP	PGR	1.1	0,1	0,8	0,08
PPG-026	3.1.2	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGAd	1.1	0,1	0,8	0,08
PPG-032	4.1.2	Condiciones climáticas adversas	EP	PGRi	1.1	0,1	0,8	0,08
PPG-035	4.3.1	Relaciones comunales	DP	PGCo	1.1	0,1	0,8	0,08
PPG-017	2.1.3	Problemas en el control de calidad	EP	PGC	1.1	0,3	0,2	0,06
PPG-021	2.2.3	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGR	1.1	0,3	0,2	0,06
PPG-022	2.2.4	Problemas en la planificación de recursos	EP	PGAd	1.1	0,3	0,2	0,06
PPG-019	2.2.1	Problemas en la gestión del proyecto	DP	PGAI	1.1	0,1	0,2	0,02

DP: Director de Proyecto, EP: Equipo de Proyecto, IP: Ingeniero de Perforador, IM: Ingeniería de Mantenimiento, InP: Ingeniería de Perforación, RGC: Responsable de Gestión de Calidad, PGAI: Plan de Gestión del Alcance, PGAd: Plan de Gestión de Adquisiciones, PGR: Plan de Gestión de los Recursos, PGC: Plan de Gestión de la Calidad, PGI: Plan de Gestión de los interesados, PGCm: Plan de Gestión de la Comunicación, PGIn: Plan de Gestión de la Integración.

Nota: La Tabla 43 muestra valoración y priorización de riesgos identificados para el proyecto. Autoría propia.

4.8.4 Planificación de la respuesta a los riesgos

Para realizar el análisis de respuesta a los diferentes riesgos identificados, como se muestra en la Tabla 44, para cada uno se deben plantear las acciones que permitan reducir la probabilidad o impacto de estos. Las acciones planteadas permiten reducir de 14 a 2 los riesgos que se encuentran en el rango de 0,18 a 0,72 por lo que se consideran altos, de 21 a 9 los que están en el rango de 0,05 a >0,18 que se consideran moderados y de 1 a 25 los riesgos en el rango de 0,01 a <0,05 por lo que se consideran bajos. Igualmente, el riesgo general del proyecto pasa de 0,16 a 0,06 considerándose bajo y siendo inferior al rango de tolerancia de 0,10 definido para el proyecto.

Tabla 44

Respuesta a los riesgos del proyecto

Código	Rango	Estrategia	Acciones Preventivas	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango Post-Plan
PPG-007	0,40	Mitigar	Todas las actividades deben estar debidamente procedimentadas. Los técnicos asignados a las maniobras deben tener al menos dos años de experiencia. Las maniobras siempre deben ser supervisadas por el profesional responsable.	Ingeniería de Perforación	0,30	0,80	0,24
PPG-016	0,40	Mitigar	No se pueden iniciar las actividades sin contar con el plan de calidad aprobado. Se debe generar un informe semanal del cumplimiento de los parámetros de calidad definidos. No pueden utilizarse materiales o equipos que no cumplan con los estándares de calidad definidos.	Director de Proyecto	0,10	0,20	0,02
PPG-023	0,40	Trasferir	Se debe indicar al patrocinador los potenciales impactos en el alcance del proyecto de una reducción del presupuesto.	Director de Proyecto	0,50	0,80	0,40

Código	Rango	Estrategia	Acciones Preventivas	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango Post-Plan
PPG-028	0,28	Mitigar	Se deben realizar las previsiones para asegurarse de contar con la suficiente cantidad de material para continuar con los trabajos en caso de atrasos en las entregas. Al iniciar un pozo se debe contar con la cantidad de materiales necesarios para su finalización.	Ingeniero perforador	0,10	0,10	0,01
PPG-031	0,28	Mitigar	En la planificación se debe considerar los datos históricos de las condiciones de la zona para dejar las previsiones de tiempo necesarias de manera que estos fenómenos no generen atraso en las fechas del proyecto.	Director de Proyecto	0,30	0,40	0,12
PPG-001	0,24	Trasferir	Se debe comunicar con un mes de antelación los requerimientos. Se debe contar con una contratación de respaldo para sustituir los equipos ante una eventual avería.	Ingeniero perforador	0,10	0,80	0,08
PPG-004	0,24	Mitigar	Se debe establecer un programa de verificación de herramienta. El Encargado de Calidad deberá verificar el estricto cumplimiento del programa.	Responsable Gestión de Calidad	0,10	0,40	0,04
PPG-005	0,24	Mitigar	Se debe establecer un programa de verificación de herramienta. El Encargado de Calidad deberá verificar el estricto cumplimiento del programa.	Responsable Gestión de Calidad	0,10	0,40	0,04
PPG-010	0,24	Mitigar	Se debe establecer un programa de disponibilidad de herramienta. El Encargado de Calidad deberá verificar el estricto cumplimiento del programa. Siempre debe tenerse al menos una herramienta adicional como respaldo.	Ingeniería de Mantenimiento	0,10	0,40	0,04
PPG-011	0,20	Mitigar	Se debe establecer un programa de requerimiento de herramienta. El Encargado de Calidad deberá verificar el estricto cumplimiento del programa.	Ingeniería de Mantenimiento	0,30	0,40	0,12

Código	Rango	Estrategia	Acciones Preventivas	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango Post-Plan
PPG-018	0,20	Mitigar	Se debe mantener un monitoreo semanal del consumo de recursos y mantener comparaciones con las estimaciones. En caso de detectarse desviaciones se deben solicitar los recursos adicionales de forma inmediata.	Ingeniero perforador	0,10	0,40	0,04
PPG-027	0,20	Mitigar	Se debe mantener un monitoreo semanal del consumo de recursos y mantener comparaciones con las estimaciones. En caso de detectarse desviaciones se deben solicitar los recursos adicionales de forma inmediata.	Ingeniero perforador	0,30	0,40	0,12
PPG-030	0,20	Mitigar	Se debe mantener un monitoreo semanal del consumo de recursos y mantener comparaciones con las estimaciones. En caso de detectarse desviaciones se deben solicitar los recursos adicionales de forma inmediata.	Ingeniero perforador	0,30	0,40	0,12
PPG-033	0,20	Mitigar	Se debe mantener una comunicación constante con los interesados. De forma mensual se realizará una reunión para informar las actividades y conocer las inquietudes.	Director de Proyecto	0,10	0,40	0,04
PPG-003	0,12	Mitigar	Se debe mantener un monitoreo semanal del consumo de recursos y mantener comparaciones con las estimaciones. En caso de detectarse desviaciones se deben solicitar los recursos adicionales de forma inmediata.	Ingeniero perforador	0,10	0,20	0,02
PPG-008	0,12	Mitigar	Se debe mantener un control estricto del programa de mantenimiento. El Encargado de Calidad deberá verificar el estricto cumplimiento del programa y en caso de desviaciones comunicará de forma inmediata al DP para que tome las acciones correctivas.	Ingeniería de Mantenimiento	0,10	0,20	0,02

Código	Rango	Estrategia	Acciones Preventivas	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango Post-Plan
PPG-009	0,12	Mitigar	Se debe mantener un monitoreo semanal del consumo de recursos y mantener comparaciones con las estimaciones. En caso de detectarse desviaciones se deben solicitar los recursos adicionales de forma inmediata.	Ingeniería de Mantenimiento	0,10	0,20	0,02
PPG-012	0,12	Mitigar	Se debe mantener un monitoreo semanal del consumo de recursos y mantener comparaciones con las estimaciones. En caso de detectarse desviaciones se deben solicitar los recursos adicionales de forma inmediata.	Ingeniero perforador	0,30	0,20	0,06
PPG-013	0,12	Mitigar	Se debe mantener un monitoreo semanal del consumo de recursos y mantener comparaciones con las estimaciones. En caso de detectarse desviaciones se deben solicitar los recursos adicionales de forma inmediata.	Ingeniero perforador	0,50	0,20	0,10
PPG-014	0,12	Mitigar	Se debe establecer un protocolo de recepción de la obra el cual debe ser aprobado por el cliente.	Responsable Gestión de Calidad	0,00	0,20	0,00
PPG-025	0,12	Mitigar	Dada la experiencia existente, el programa de trabajo debe considerar un 5% como contingencias para respaldar potenciales problemas con los proveedores.	Director de Proyecto	0,30	0,20	0,06
PPG-029	0,12	Mitigar	Se debe llevar un cronograma detallado de los recursos el cual será revisado en todas las reuniones de seguimiento con el objetivo de reducir el riesgo.	Director de Proyecto	0,10	0,40	0,04
PPG-036	0,12	Trasferir	Solo pueden firmarse los contratos estandarizados y revisados por los especialistas de la institución en gestión de contratos. El contrato debe ser aprobado por el DP antes de ser firmado.	Director de Proyecto	0,10	0,40	0,04

Código	Rango	Estrategia	Acciones Preventivas	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango Post-Plan
PPG-034	0,10	Mitigar	Se deben mantener abiertos los canales de comunicación con los interesados externos. Se emitirán comunicados trimestrales indicando a los interesados los canales de comunicación. En forma mensual se debe realizar una reunión informativa para comunicar los avances y estado del proyecto y escuchar inquietudes.	Director de Proyecto	0,30	0,20	0,06
PPG-002	0,08	Mitigar	Todo el personal debe estar debidamente capacitado, de forma trimestral se deben realizar talleres técnicos de refrescamiento de conocimientos y discusión de la forma en la que se ejecutan los procesos, revisar los planes de acción de oportunidades de mejora anteriores y escuchar las nuevas oportunidades de mejora que puedan existir. Para cada oportunidad identificada se debe crear un plan de acción para definir la posibilidad de su implementación.	Ingeniero perforador	0,10	0,40	0,04
PPG-006	0,08	Mitigar	Todo el personal debe estar debidamente capacitado, de forma trimestral se deben realizar talleres técnicos de refrescamiento de conocimientos y discusión de la forma en la que se ejecutan los procesos actualmente, revisar los planes de acción de oportunidades de mejora anteriores y escuchar las nuevas oportunidades de mejora que puedan existir. Para cada oportunidad identificada se debe crear un plan de acción para definir la posibilidad de su implementación.	Ingeniería de Perforación	0,10	0,40	0,04

Código	Rango	Estrategia	Acciones Preventivas	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango Post-Plan
PPG-015	0,08	Mitigar	Todos los materiales antes de ser aceptados deben ser revisados y aprobados por el técnico especializado. Para su aceptación el material debe cumplir con todas las especificaciones definidas en los carteles.	Ingeniero perforador	0,10	0,40	0,04
PPG-020	0,08	Mitigar	Como parte de las medidas para mitigar este impacto previo a la iniciación del proyecto se debe contar con los recursos necesarios para completar de cada etapa, de manera que no se afecte el avance del proyecto.	Ingeniero perforador	0,10	0,40	0,04
PPG-024	0,08	Mitigar	Se debe contar con un listado de potenciales oferentes, deben mantenerse actualizados los programas de formación para agilizar la adquisición de los conocimientos necesarios en caso de nuevos ingresos. En caso de nuevos ingresos que no tengan la suficiente experiencia, el puesto se traslada a dos turnos mientras se logra capacitar al de nuevo ingreso.	Director de Proyecto	0,10	0,40	0,04
PPG-026	0,08	Mitigar	En los carteles de contratación de debe dejar claramente indicado el requisito de experiencia el cual deberá ser demostrado por los participantes. No se podrá levantar este requisito.	Equipo de Proyecto	0,10	0,40	0,04
PPG-032	0,08	Aceptar	Se debe considerar un 5% de imprevistos tanto en tiempo como en costo con el objetivo de enfrentar una potencial afectación.	Director de Proyecto	0,10	0,40	0,04
PPG-035	0,08	Mitigar	Todo informe que debe salir a entes o interesados externos debe contar con el visto bueno previo del DP.	Director de Proyecto	0,10	0,40	0,04

Código	Rango	Estrategia	Acciones Preventivas	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango Post-Plan
PPG-017	0,06	Mitigar	Todas las obras deben cumplir con los parámetros de calidad definidas, el encargado de calidad debe garantizar el adecuado seguimiento del Plan de Calidad. Los resultados de calidad deben ser analizados en todas las reuniones de seguimiento y en caso de detectarse desviaciones se debe generar un plan de acción.	Director de Proyecto	0,10	0,20	0,02
PPG-021	0,06	Mitigar	El Director de Proyecto debe gestionar lo que corresponda para garantizar que se cuenta con los sitios adecuados para el almacenamiento de los materiales.	Director de Proyecto	0,10	0,20	0,02
PPG-022	0,06	Mitigar	El plan de adquisiciones debe estar realizado en concordancia con el cronograma del proyecto, antes de aprobarse el plan de adquisiciones, el Director de Proyecto realizará un taller de revisión donde participará todo el equipo de proyecto para validar y aprobar el plan.	Director de Proyecto	0,10	0,20	0,02
PPG-019	0,02	Mitigar	Todo cambio que se realice en el proyecto debe ser aprobado por el Director de Proyecto. Ningún cambio podrá ser aprobado sin la gestión de un control de cambio.	Director de Proyecto	0,10	0,05	0,01

Nota: La Tabla 44 muestra los riesgos identificados para el proyecto. Autoría propia.

4.8.5 Monitoreo de riesgos

Para realizar el monitoreo de los riesgos, en forma mensual el Director de Proyecto realizará una revisión de la matriz de riesgos con el objetivo de analizar, en conjunto en el equipo de proyecto, la identificación de nuevos riesgos. El gestor de Calidad deberá elaborar un informe mensual sobre el seguimiento de los riesgos, para esto, cada responsable de riesgo deberá suministrar la información de, el estado de cada uno de los riesgos, para los riesgos

materializados los resultados de los planes de acción ejecutados, indicando su nivel de efectividad y en caso de no ser efectivos las propuestas de mejora, ajustes a los planes de acción o nuevas acciones propuestas de acuerdo a la experiencia vivida con la materialización.

Para los riesgos materializados que sean identificados, el Director de Proyecto junto con el Equipo de Proyecto deberá realizar una nueva valoración del riesgo y se debe realizar un análisis para determinar la efectividad de las acciones propuestas para el riesgo y ajustarlas o cambiarlas en caso de considerarse necesario.

En caso de identificarse nuevos riesgos se deberá actualizar la Estructura de Desglose de Riesgos. Al finalizar el proyecto el Director de Proyecto debe realizar un taller con el equipo para analizar la Estructura de Desglose de Riesgos y actualizarla con las experiencias del proyecto e igualmente actualizarán el registro de lecciones aprendidas en cuanto a la gestión de riesgos.

4.9 Plan de Gestión de las Adquisiciones

El proceso de adquirir los recursos para el proyecto es fundamental ya que, si no se cuenta a tiempo con las cantidades requeridas de los materiales, maquinaria, equipos, y servicios externos o internos, no sería viable cumplir con el alcance definido para el proyecto.

De acuerdo con el PMI (2017) “La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de gestión y de control requeridos para desarrollar y administrar acuerdos tales como contratos, órdenes de compra, memorandos de acuerdo (MOAs) o acuerdos de nivel de servicio (SLAs) internos” (p. 459).

Por lo anterior, para la adecuada implementación del proyecto el Equipo de Proyectos debe implementar el Plan de Gestión de las Adquisiciones que se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45

Plan de gestión de las adquisiciones del proyecto.

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Planificar la Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.	Es el proceso de documentar las decisiones de adquisiciones del proyecto, especificar el enfoque e identificar a los proveedores potenciales.	Para la planificación de la gestión de las adquisiciones el Equipo de Proyecto, utilizando criterio experto y el análisis de datos y basados en el plan de gestión de los recursos, debe generar el plan para gestionar las adquisiciones del proyecto y definir cuáles serán suministradas a lo interno y cuales a lo externo de la organización.
2. Efectuar las Adquisiciones	El proceso de identificar los proveedores, seleccionar a un proveedor y adjudicarle un contrato.	El Equipo de Proyecto, utilizando criterio experto y el análisis de datos, y con base en el plan de adquisiciones, debe efectuar los procesos de adquisición para lo cual; elaborarán los carteles, acuerdos o contratos requeridos, realizarán los concursos de oferentes de acuerdo con la modalidad definida en la legislación vigente, seleccionará y adjudicará las ofertas con mayor calificación.
3. Controlar las Adquisiciones.	Es el proceso de gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos, efectuar cambios y correcciones, según corresponda, y cerrar los contratos.	El Director de Proyecto solicitará reportes mensuales de los programas de adquisición y del consumo de los bienes adquiridos con el objetivo de asegurar su uso óptimo y evitar que se generen sobre existencias o subutilización de los recursos.

Nota: La Tabla 45 muestra el plan de gestión de las adquisiciones del proyecto. Autoría propia con base en información de PMI (2017).

4.9.1 Planificación de la gestión de las adquisiciones

Dado que la empresa se rige por el ordenamiento público, sus procesos de adquisición externos deben cumplir con lo que establece la Ley General de Contratación Administrativa, por lo tanto, dependiendo del monto de cada proceso se pueden utilizar tres tipos de contratación que son; la licitación, la contratación directa o la compra de menor cuantía. Para estos procesos se debe utilizar contratos de precio fijo, específicamente el contrato de precio fijo cerrado (FFP). Para el proyecto se utilizarán;

Acuerdos de Prestación de Servicios; cuando se trate de servicios suministrados a nivel interno por unidades pertenecientes a la organización y relacionadas con la preparación de los sitios, el suministro de agua de trabajo, los servicios de transporte, maquinaria y equipos, los servicios de hospedaje y servicios administrativos.

Contratos y órdenes de compra; cuando se trata de servicios contratados a empresas externas, dentro de los cuales están servicios de emergencias médicas, servicios de alimentación en sitio, servicios de mantenimiento de algunos elementos del proceso y las compras de materiales, maquinaria o equipos.

El Equipo de Proyecto, con base en el Plan de Gestión de Recursos, debe identificar los requerimientos de materiales o servicios para llevar a cabo el proyecto, realizará la agrupación de materiales por especialidad con el objetivo de preparar la estimación de sus costos y definir si el proceso será una licitación, una compra directa o una compra de menor cuantía y utilizando la plantilla mostrada en la Tabla 46 preparará el programa de adquisiciones en el cual se definen los responsables de ejecutar cada proceso.

Tabla 46

Programa de compras y contrataciones del proyecto

Código	Número de adquisición	Tipo de contratación	Descripción	Fecha de publicación	Fecha de ingreso	Responsable
PG01-PC-0001-21	PPG-185	Contratación Directa	Repuestos para bombas de lodos	may-20	jun-21	InP
PG01-PC-0001-22	PPG-186	Contratación Directa	Elementos para centrar la sarta de perforación (estabilizadores) y camisa de caucho de alta resistencia para estabilizador no rotativo	nov-20	jun-21	IP
PG01-PC-0001-23	PPG-187	Contratación Directa	Soldadura	abr-21	ago-21	IM
PG01-PC-0001-24	PPG-188	Contratación Directa	Producto para taponos de cemento	ene-21	ago-21	InP
PG01-PC-	PPG-189	Contratación Directa	Repuestos para desarcillador	feb-21	nov-21	IM

0001-25						
PG01-PC-0001-26	PPG-190	Licitación	Tubería y accesorios de revestimiento	may-20	dic-21	InP
PG01-PC-0001-27	PPG-191	Licitación	Martillos y Motores de Fondo	Nov-20	dic-21	IM
PG01-PC-0001-28	PPG-192	Licitación	Herramientas de piso de Perforación	Dic-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-29	PPG-193	Contratación Directa	Repuestos martillos y motores de fondo	mar-21	oct-21	IM
PG01-PC-0001-30	PPG-194	Contratación Directa	Elementos para centrar la sarta de perforación (estabilizadores)	ene-21	nov-21	IM
PG01-PC-0001-31	PPG-195	Contratación Directa	Elementos para unir barras de peso de diferentes tipos de rosca (Combinaciones)	ene-21	dic-21	IP
PG01-PC-0001-32	PPG-196	Contratación Directa	Herramienta Tubular	ene-21	nov-21	IP
PG01-PC-0001-33	PPG-197	Contratación Directa	Válvulas y sus partes	ene-21	oct-21	IP
PG01-PC-0001-34	PPG-198	Contratación Directa	Accesorios y partes eléctricas (terminales, relés, pulsadores, aisladores, resistencias, termostatos)	ene-21	ago-21	IP
PG01-PC-0001-35	PPG-199	Contratación Directa	Contactores e Interruptores	ene-21	oct-21	IP
PG01-PC-0001-36	PPG-200	Contratación Directa	Herramientas para desarmar, armar y calibrar martillos y motores de fondo.	ene-21	nov-21	IP
PG01-PC-0001-37	PPG-201	Contratación Directa	Roles, muñoneras y retenedores	feb-21	dic-21	IP
PG01-PC-0001-38	PPG-202	Contratación Directa	Equipo de laboratorio cementación	mar-20	ago-21	IM
PG01-PC-0001-39	PPG-204	Contratación Directa	Barra hexagonal de perforación (Kelly)	mar-21	dic-21	IP
PG01-PC-0001-40	PPG-205	Contratación Directa	Cables de acero	mar-21	dic-21	IP
PG01-PC-0001-41	PPG-206	Contratación Directa	Repuestos para compresores	mar-21	dic-21	IM

PG01-PC-0001-42	PPG-207	Contratación Directa	Repuestos servotransmision	abr-21	dic-21	IM
PG01-PC-0001-43	PPG-208	Contratación Directa	Mangueras industriales (hidráulicas, aire, combustible)	abr-21	oct-21	IM
PG01-PC-0001-44	PPG-209	Contratación Directa	Fitinería (acoples, adaptadores, conectores, reducciones)	ene-21	nov-21	IM
PG01-PC-0001-45	PPG-210	Contratación Directa	Repuestos para Bombas SPM TWS	ene-21	oct-21	IM
PG01-PC-0001-46	PPG-211	Contratación Directa	Consumibles y partes del sistema de monitoreo	jun-20	dic-21	IM
PG01-PC-0001-47	PPG-212	Contratación Directa	Anillos y espárragos	sep-20	oct-21	IP
PG01-PC-0001-48	PPG-214	Licitación	Tubería de perforación	oct-20	dic-21	IM
PG01-PC-0001-49	PPG-215	Licitación	Repuestos para camión perforador	oct-20	dic-21	IP
PG01-PC-0001-50	PPG-216	Licitación	Repuestos para mesa rotaria	oct-20	dic-21	IP
PG01-PC-0001-51	PPG-217	Contratación Directa	Producto para lavar enjarre	oct-20	ago-21	IM
PG01-PC-0001-52	PPG-218	Contratación Directa	Barrena Saca núcleos (coronas)	oct-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-53	PPG-219	Contratación Directa	Repuestos para Kelly spinner	oct-20	oct-21	IP
PG01-PC-0001-54	PPG-220	Contratación Directa	Repuestos para bloque corona	oct-20	oct-21	IP
PG01-PC-0001-55	PPG-221	Licitación	Productos para lodos	sep-20	dic-21	IP
PG01-PC-0001-56	PPG-222	Licitación	Productos para cementación	sep-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-57	PPG-223	Licitación	Brocas de perforación	Dic-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-58	PPG-224	Licitación	Lubricantes	nov-20	oct-21	IM
PG01-PC-	PPG-225	Licitación	Válvulas y accesorios	jul-20	ago-21	IP

0001-59						
PG01-PC-0001-60	PPG-226	Licitación	Tubería de pared pesada	nov-20	oct-21	IP
PG01-PC-0001-61	PPG-227	Contratación Directa	Repuestos planta de generación MTU	nov-20	ago-21	IP
PG01-PC-0001-62	PPG-228	Contratación Directa	Repuestos para unión giratoria	nov-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-63	PPG-229	Contratación Directa	Repuestos mesas vibratorias	nov-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-64	PPG-230	Contratación Directa	Repuestos para mesa rotaria KPEM	nov-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-65	PPG-231	Licitación	Barras de peso para Perforación	nov-20	dic-21	IP
PG01-PC-0001-66	PPG-232	Contratación Directa	Repuestos para bomba de lodo	nov-20	dic-21	IP
PG01-PC-0001-67	PPG-233	Contratación Directa	Materiales de laboratorio (Cristalería, reactivos, papel filtro, repuestos de equipos)	nov-20	jun-21	IP
PG01-PC-0001-68	PPG-234	Contratación Directa	Repuestos para mesa vibratoria	nov-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-69	PPG-235	Contratación Directa	Molinos	nov-20	ago-21	IP
PG01-PC-0001-70	PPG-236	Contratación Directa	Repuestos para malacate principal	nov-20	nov-21	IP
PG01-PC-0001-71	PPG-237	Contratación Directa	Mangueras Especiales (manguera para barra hexagonal, descarga de bombas de lodo, preventores y control de pozo)	nov-20	oct-21	IP
PG01-PC-0001-72	PPG-238	Contratación Directa	Herramientas de Izaje y fijación de elementos	nov-20	dic-21	IP
IP: Ingeniero de Perforador, IM: Ingeniería de Mantenimiento, InP: Ingeniería de Perforación,						

Nota: La Tabla 46 muestra la plantilla del programa de compras y contrataciones del proyecto. Autoría propia.

Una vez definido los tipos de proceso, procede a elaborar los carteles o convenios, para lo cual define las especificaciones técnicas de cada material o servicio, las métricas de las

adquisiciones y las condiciones especiales o particulares que deben cumplir los proveedores para concursar en los procesos.

El Director de Proyecto debe revisar los carteles o convenios y de ser conformes dar el visto bueno para que se proceda con la correspondiente gestión de adquisición de acuerdo con los procedimientos internos definidos por la empresa.

4.9.2 Efectuar las adquisiciones

Una vez que se han aprobado los carteles y se cumplen los requisitos internos, en el caso de las licitaciones y compras directas se realiza la publicación del cartel en el sistema de compras SICOP. Los diferentes interesados, los cuales deben estar previamente registrados como proveedores de la empresa, deben presentar sus ofertas, vencido el plazo para ofertar, el Equipo de Proyecto debe evaluar las ofertas presentadas y seleccionar al oferente que cumple con los requisitos definidos y que además obtenga la mejor valoración.

Una vez adjudicado el proceso, se debe generar la orden de compra o contrato según sea el caso, con lo cual el adjudicatario debe entregar los productos en el plazo definido en el cartel. Cuando se realiza la entrega de los bienes o servicios, el Equipo de Proyecto procede a verificar que los mismos cumplen con los requisitos técnicos y de calidad que fueron solicitados, si el bien es conforme con lo especificado, se da el visto bueno y se gestiona el pago respectivo.

4.9.3 Control de las adquisiciones

Dado que las adquisiciones son fundamentales para asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto, el Director de Proyecto debe asegurar el cumplimiento de los planes. Para esto, de forma mensual los responsables de las adquisiciones deberán presentar un reporte de avance del plan el cual contendrá, código de la adquisición, descripción, presupuesto estimado, presupuesto adjudicado, fecha de ingreso, estado actual (en

especificaciones, en aprobación, en publicación, en recepción de ofertas, en adjudicación, en tiempo de entrega, recibida, aceptada, en proceso de pago, pagada) y la condición actual del proceso (dentro del tiempo, en riesgo de atraso, con atraso, completada).

En caso de detectarse alguna desviación en el plan de adquisiciones, el Director de Proyecto debe solicitar un plan de acción al responsable, el cual contendrá; un análisis de riesgos, definición de los impactos y las acciones de remediación. Este plan de acción será sometido al análisis del Equipo de Proyecto para identificar de oportunidades de mejora y finalmente ser aprobado por el Director de Proyecto.

Para mejorar y facilitar el seguimiento del programa de adquisiciones, así como de la gestión de los compromisos de los procesos que sean adjudicados, se utilizará la plantilla mostrada en la Tabla 47 y 48, en las cuales se empleará un código de colores tipo semáforo para facilitar la lectura.

Tabla 47

Seguimiento del plan de adquisiciones del proyecto

Código	Descripción	Responsable	Presupuesto estimado	Presupuesto adjudicado	Fecha de publicación de compra	Fecha de ingreso	Estado actual ¹	Condición del proceso ²
								dentro de tiempo
								en riesgo de atraso
								con atraso
								completada
	¹) en especificaciones, en aprobación, en publicación, en recepción de ofertas, en adjudicación, en tiempo de entrega, recibida, aceptada, en proceso de pago, pagada							
	²) dentro de tiempo, en riesgo de atraso, con atraso, completada							

Nota: La Tabla 47 muestra la plantilla de seguimiento del plan de adquisiciones del proyecto. Autoría propia.

Tabla 48

Seguimiento de los procesos adjudicados y con orden de compra.

ID de la compra	Descripción	Responsable	Fecha de emisión de orden de compra	Fecha de entrega contractual	Estado actual	Condición del proceso ¹
						dentro de tiempo
						en prórroga
						con atraso
						completada

¹) dentro de tiempo, en prórroga, con atraso, completada

Nota: La Tabla 48 muestra la plantilla de seguimiento del plan de adquisiciones del proyecto. Autoría propia.

4.10 Plan de Gestión de los Interesados

Dado que el proyecto se encuentra sometido a una gran variedad de intereses, para asegurar su éxito resulta fundamental tener claridad sobre cuáles son los interesados en el proyecto, cuáles son sus expectativas y como pueden influir sobre el proyecto. Los interesados se deben identificar, clasificar, definir cuál es su poder dentro del proyecto para plantear las estrategias necesarias para su seguimiento e involucramiento. Para lograr lo anterior, el Director de Proyecto debe implementar el Plan de Gestión de los Interesados que se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49

Plan de Gestión de los interesados

Proceso	Descripción	Gestiones
1. Identificar a los Interesados.	Es el proceso de identificar periódicamente a los interesados del proyecto, así como de analizar y documentar información relevante relativa a sus intereses, participación, interdependencias, influencia y posible	El Director de Proyecto en conjunto con el Equipo de Proyecto deben utilizar el criterio experto y el análisis de datos para identificar y analizar a los interesados y documentar utilizando la plantilla de registro de interesados y la

Proceso	Descripción	Gestiones
	impacto en el éxito del proyecto.	matriz de poder e influencia.
2. Planificar el Involucramiento de los Interesados.	Es el proceso de desarrollar enfoques para involucrar a los interesados del proyecto, con base en sus necesidades, expectativas, intereses y el posible impacto en el proyecto.	El Equipo de Proyecto, utilizando criterio experto, el análisis de datos, y basados en la identificación de interesados, debe generar el Plan de Gestión de Involucramiento.
3. Gestionar el Involucramiento de los Interesados.	Es el proceso de comunicarse y trabajar con los interesados para satisfacer sus necesidades y expectativas, abordar los incidentes y fomentar el compromiso y el involucramiento adecuado de los interesados.	Como parte de la gestión del involucramiento, el Equipo de Proyecto sostendrá reuniones periódicas con los involucrados de acuerdo con lo definido en el Plan de Gestión de Involucramiento de los interesados.
4. Monitorear el Involucramiento de los Interesados	Es el proceso de monitorear las relaciones de los interesados del proyecto y adaptar las estrategias para involucrar a los interesados a través de la modificación de las estrategias y los planes de involucramiento.	El Director de Proyecto solicitará reportes mensuales del cumplimiento del plan de involucramiento y solicitará planes de acción para corregir cualquier desviación que se presente.

Nota: La Tabla 49 muestra el Plan de Gestión de los Interesados del proyecto. Autoría propia.

4.10.1 Identificación de los interesados

Los interesados del proyecto son todas aquellas personas o grupos que por diversas razones pueden estar interesadas e influenciar o afectar el desarrollo del proyecto. El Equipo de Proyecto debe identificar a todos los posibles interesados del proyecto, y documentarlos mediante la plantilla que se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50

Matriz de identificación de interesados

Sector	Grupos	Interesados del proyecto	Responsabilidades o intereses
Público	Gobiernos municipales	Municipalidad de Bagaces, Municipalidad de Liberia	Representación Gubernamental.
			Ente regulador de permisos de construcción.
	Instituciones gubernamentales	Secretaría Técnica Nacional Ambiental Ministerio de Ambiente y Energía	Velar por la sostenibilidad del proyecto.
			Ente rector en materia ambiental

Sector	Grupos	Interesados del proyecto	Responsabilidades o intereses
		Ministerio de Obras Públicas y Transporte	Ente rector en materias de movilización urbana e infraestructura
		Acueductos y Alcantarillados	Encargado directo de la construcción y mantenimiento de acueductos públicos de abastecimiento de agua potable y drenajes.
Privado	Prestadores de servicios y proveedores de bienes	Proveedores de materiales	Proveer los materiales e insumos necesarios para el proyecto mediante el concurso abierto de oferentes
	Prestamistas del proyecto	Empresas de servicios.	Brindar servicios al proyecto mediante contratos
		Bancos de desarrollo multilateral y bilateral.	Brindar recursos mediante contratos de préstamos.
Otros	Organizaciones sin fines de lucro	Organizaciones no Gubernamentales	Conservación del medio ambiente
		Asociaciones de Desarrollo	Desarrollo comunal
		Asociaciones Administradoras de Acueductos	Suministro de agua
		Comunidades vecinas	Interesados en mejoras en infraestructura y empleo.
Internos	Interesados internos de la organización	Patrocinador	Apoyar y garantizar los recursos del proyecto
		Generación	Operar las plantas de generación
		Geociencias	Seguimiento al desarrollo del yacimiento
		Operación y mantenimiento	Operación de los campos

Nota: La Tabla 50 muestra la Matriz de identificación de interesados. Autoría propia.

Una vez identificados los interesados, el Equipo de Proyecto debe realizar el análisis de estos y clasificarlos de acuerdo con su poder e interés para lo cual utilizarán algunos de los siguientes criterios;

Involucrado - Alto Poder:

- Tiene autoridad legal sobre el desarrollo del proyecto o sus actividades.
- Puede afectar el resultado y la gestión del proyecto.
- Pueden influir en la forma en que las personas perciben el proyecto y generar reacciones que afecten la implementación del proyecto.
- Aporta recursos económicos al proyecto.

Involucrado - Alto Interés:

- Tienen beneficios directos del proyecto.
- Participa directamente del proyecto.
- Puede tener afectaciones directas o indirectas por la implementación del proyecto.

Interesado con Bajo Poder:

- No tiene injerencia directa en el proyecto.
- No tiene afectaciones por la implementación del proyecto.
- Su opinión no influye en cómo las personas perciben el proyecto.
- No aporta servicios o materiales al proyecto.

Interesado con Bajo Interés:

- No obtiene beneficios del proyecto.
- No tiene afectaciones por la implementación del proyecto.

Con el análisis de los interesados del proyecto, el Equipo de Proyecto debe generar la matriz de clasificación de interesados (poder/interés) que se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51

Matriz de clasificación de interesados (poder/Interés)

Parte interesada	Compromiso					Poder	Interés	Estrategia genérica
	Desconoce	Se resiste	Neutral	Apoya	Líder			
Municipalidad de Bagaces				x		B	A	Mantener informados
Municipalidad de Liberia				x		B	A	Mantener informados
Secretaría Técnica Nacional Ambiental				x		A	A	Gestionar cuidadosamente
Ministerio de Ambiente y Energía				x		A	A	Gestionar cuidadosamente
Ministerio de Obras Públicas y Transporte				x		B	B	Monitorear
Acueductos y Alcantarillados				x		B	B	Monitorear

Proveedores de materiales				x		B	A	Mantener informados
Empresas de servicios.				x		B	A	Mantener informados
Bancos de desarrollo multilateral y bilateral.				x		A	A	Gestionar cuidadosamente
Organizaciones no Gubernamentales		x				B	A	Mantener informados
Asociaciones de Desarrollo		x				M	A	Mantener informados
Asociaciones Administradoras de Acueductos		x				B	M	Mantener informados
Comunidades vecinas		x				A	A	Gestionar cuidadosamente
Patrocinador					x	A	A	Gestionar cuidadosamente
Generación				x		B	A	Mantener informados
Geociencias				x		A	A	Gestionar cuidadosamente
Operación y mantenimiento				x		B	A	Mantener informados
A: Alto M: Medio B: Bajo								

Nota: La Tabla 51 muestra la Matriz de identificación de interesados del proyecto. Autoría propia.

4.10.2 Planificación y gestión del involucramiento de los interesados

La experiencia demuestra que, en los proyectos, sobre todo los de gran magnitud, los interesados del proyecto pueden llevar a cabo acciones que causan atrasos e incluso el fracaso del proyecto. Por este motivo el Director de Proyecto debe realizar la planificación y diseñar un plan de gestión del involucramiento de los interesados que le permita establecer las estrategias adecuadas para asegurar el apoyo o al menos la aceptación de la implementación del proyecto. Por lo anterior el Equipo de Proyecto debe implementar el Plan que se muestra en la Tabla 52.

Tabla 52

Plan para gestionar el involucramiento de los interesados

Parte interesada	Estrategia genérica	Estrategia
Municipalidad de Bagaces, Municipalidad de Liberia	Mantener informados	Deben mantenerse sistemáticamente informados, se debe elaborar y presentar un informe trimestral con los avances relevantes del proyecto, así como las medidas y resultados ambientales obtenidos.
Secretaría Técnica Nacional Ambiental	Gestionar cuidadosamente	Deben mantenerse sistemáticamente informados, se debe elaborar y presentar un informe trimestral con los avances relevantes del proyecto, así como las medidas y

Parte interesada	Estrategia	Estrategia
		resultados ambientales obtenidos.
Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica	Gestionar cuidadosamente	Deben mantenerse sistemáticamente informados, se debe elaborar y presentar un informe trimestral con los avances relevantes del proyecto, así como las medidas y resultados ambientales obtenidos.
Ministerio de Obras Públicas y Transporte	Monitorear	Se le debe notificar de los movimientos de cargas pesadas y gestionar permisos en caso de movilizar cargas anchas.
Acueductos y Alcantarillados	Monitorear	En caso de presentarse alguna situación asociada con el suministro público de agua, se debe informar inmediatamente al AYA
Proveedores de materiales	Mantener informados	Se debe mantener contacto constante con los proveedores para asegurar que están debidamente inscritos en el registro de proveedores y tengan claro los requisitos que deben cumplir para participar en los concursos públicos que va a promover el proyecto.
Empresas de servicios.	Mantener informados	Se debe mantener contacto constante con los proveedores para asegurarse que están debidamente inscritos en el registro de proveedores y para que tengan claro los requisitos que deben cumplir para participar en los concursos públicos que va a promover el proyecto.
Bancos de desarrollo multilateral y bilateral.	Gestionar cuidadosamente	Se deben mantener actualizados de los avances del proyecto y el uso de los recursos relacionados con sus préstamos. De forma trimestral se debe realizar una reunión informativa.
Organizaciones no Gubernamentales	Mantener informados	En caso de consultas, se les debe brindar los avances generales del proyecto y el resultado de la implementación del PGA
Asociaciones de Desarrollo	Mantener informados	Se deben mantener actualizados de los avances del proyecto y del cumplimiento de los compromisos sociales. De forma trimestral se debe realizar una reunión informativa.
Asociaciones Administradoras de Acueductos	Mantener informados	En caso de consultas se les debe brindar los avances generales del proyecto y el resultado de la implementación del PGA
Comunidades vecinas	Gestionar cuidadosamente	Se deben mantener actualizados de los avances del proyecto y del cumplimiento de los compromisos sociales. De forma trimestral se debe realizar una reunión informativa.
Patrocinador	Gestionar cuidadosamente	Se deben mantener actualizados de los avances del proyecto y del cumplimiento de los indicadores del proyecto. De forma mensual se debe realizar una reunión informativa.
Geociencias	Gestionar cuidadosamente	Se deben mantener actualizados de los avances del proyecto y del cumplimiento de los indicadores del proyecto. De forma mensual se debe realizar una reunión informativa.

Parte interesada	Estrategia	Estrategia
Operación y mantenimiento	Mantener informados	Se deben mantener actualizados de los avances del proyecto y del cumplimiento de los indicadores del proyecto. De forma mensual se debe realizar una reunión informativa.

Nota: La Tabla 52 muestra el plan para gestionar el involucramiento de los interesados del proyecto. Autoría propia.

4.10.3 Monitoreo del involucramiento de los interesados

Para garantizar el éxito en la gestión del involucramiento de los interesados del proyecto, el Director de Proyecto debe implementar un programa de monitoreo de interesados para cual utilizará la plantilla que se muestra en la Tabla 53.

El programa tiene el objetivo de garantizar que se mantenga el apoyo de los interesados hacia el proyecto o identificar cualquier situación que pueda originar su oposición al mismo, de manera que se detecte de forma temprana y el Director de Proyecto pueda generar nuevas estrategias para recuperar el apoyo o aceptación.

Tabla 53

Monitoreo de los interesados

Parte interesada	Estrategia genérica	Monitoreo
Municipalidad de Bagaces, Municipalidad de Liberia	Mantener informados	Reunión trimestral para identificar expectativas y necesidades respecto al proyecto.
Secretaría Técnica Nacional Ambiental	Gestionar cuidadosamente	Informes trimestrales. Atención de visitas de seguimiento. Gestión inmediata de consultas u observaciones durante las visitas.
Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica	Gestionar cuidadosamente	Gestión inmediata de consultas u observaciones durante las visitas.
Ministerio de Obras Públicas y Transporte	Monitorear	Atender sugerencias durante apoyo en traslados de cargas
Acueductos y Alcantarillados	Monitorear	Gestionar dudas o consulta de forma inmediata.
Proveedores de materiales	Mantener informados	Reuniones mensuales de seguimiento del programa de adquisiciones para verificar cumplimientos.
Empresas de servicios.	Mantener informados	Seguimiento del programa de adquisiciones para verificar cumplimientos.
Bancos de desarrollo multilateral y bilateral.	Gestionar cuidadosamente	Reuniones mensuales de seguimiento del programa de adquisiciones para verificar cumplimientos.

Parte interesada	Estrategia	Monitoreo
ONG	Mantener informados	Gestionar dudas o consulta de forma inmediata.
Asociaciones de Desarrollo	Mantener informados	Reunión trimestral para identificar expectativas y necesidades respecto al proyecto.
Asociaciones Administradoras de Acueductos	Mantener informados	Gestionar dudas o consulta de forma inmediata.
Comunidades vecinas	Gestionar cuidadosamente	Reunión trimestral para identificar expectativas y necesidades respecto al proyecto.
Patrocinador	Gestionar cuidadosamente	Reuniones mensuales para presentar avances e identificar nuevas necesidades y expectativas.
Geociencias	Gestionar cuidadosamente	Reuniones semanales de coordinación para identificar necesidades y expectativas.
Operación y mantenimiento	Mantener informados	Reuniones mensuales para presentar avances e identificar nuevas necesidades y expectativas.

Nota: La Tabla 53 muestra el plan para gestionar el involucramiento de los interesados del proyecto. Autoría propia.

5. Conclusiones

Como resultado de la realización del Proyecto Final de Graduación (PFG) se llega las siguientes conclusiones;

- 5.1 El plan de gestión del proyecto para la construcción de pozos geotérmicos es una herramienta basada en las mejores prácticas internacionales recomendadas por el PMI en el PMBOK que permitirá al Director de Proyectos, realizar la adecuada gestión de: la integración, el alcance, el cronograma, los costos, la calidad, los recursos, la comunicación, los riesgos, las adquisiciones y los interesados del proyecto, incrementando las probabilidades de éxito del proyecto.
- 5.2 El plan de gestión de la integración del proyecto logra la unificación de la gestión general del proyecto permitiendo; desarrollar el acta de constitución, definir como se elabora el Plan de Dirección del Proyecto, estableciendo la forma en la que se deberá gestionar, dirigir y monitorear el trabajo mediante el establecimiento de indicadores de desempeño, gestionar los incidentes, el conocimiento y el control de cambios y definir como se debe ejecutar el cierre del proyecto.
- 5.3 El plan de gestión del alcance es una herramienta que forma parte del Plan para la Dirección del Proyecto, mediante la cual se define el trabajo requerido para completar el proyecto, el cual incluye; la identificación de los requisitos, la definición de los productos esperados, las exclusiones, la creación de la estructura detallada de trabajo y su respectivo diccionario y cuentas de control, la forma en la cual se validará el cumplimiento del alcance del proyecto y la forma en la que se controlará que el alcance se cumple conforme se implementa el proyecto. La elaboración de un buen plan de gestión del alcance ayudará al Director de Proyecto a controlar de forma sistemática y ordenada el logro del alcance definido.

- 5.4 El plan de gestión del cronograma forma parte del Plan para la Dirección del Proyecto y permite; definir las actividades que conforman los diferentes paquetes de trabajo, establecer la forma en la que se interrelacionan y secuencias de manera lógica las actividades, estimar las duraciones de cada una de las actividades identificadas, elaborar el cronograma de actividades y establecer la forma en la que se llevará el monitoreo y control de la implementación del cronograma del proyecto. Este plan le permite al Director de Proyecto administrar el avance del proyecto y tomar las acciones necesarias en caso de detectarse desviaciones en los tiempos del proyecto y así lograr la finalización del proyecto de acuerdo con los tiempos definidos.
- 5.5 El plan de gestión de costos es una herramienta que forma parte del Plan para la Dirección del Proyecto la cual permite; estimar los costos de los diferentes paquetes de trabajo y cuentas de control, determinar cuál es el presupuesto que se requiere para el proyecto incluyendo las reservas para contingencias o de gestión y establecer la forma en la que se realizará el control de los costos del proyecto para garantizar que se cumplan con la restricción de costos establecida.
- 5.6 El plan de gestión de la calidad forma parte del Plan para la Dirección del Proyecto y permite; establecer las políticas y procedimientos para gestionar la calidad del proyecto y definir la forma en la que sistemáticamente se realizará el control del cumplimiento de los requisitos de calidad definidos para cada uno de los entregables, así como para la mejora continua de los diferentes procesos del proyecto. Permite que el Director de Proyecto cuente con los medios para realizar un adecuado control del desempeño del proyecto en cuanto a los requisitos de calidad establecidos.

- 5.7 El plan de gestión de los recursos es una herramienta del Plan para la Dirección del Proyecto mediante la cual; se define la estructura de desglose de recursos, se estiman los recursos de las actividades del proyecto, se define la forma en la que se deben adquirir los recursos, se establecen los diferentes roles, responsabilidades y competencias de los miembros del equipo, se establece las estrategias para desarrollar y dirigir a los miembros del equipo y se establecen las estrategias para controlar los recursos del Proyecto. Es un plan fundamental para que el Director de Proyecto logre estimar, adquirir, gestionar y utilizar adecuadamente los recursos del proyecto.
- 5.8 El plan de gestión de comunicación es fundamental ya que en el mismo se definen; los requisitos y necesidades de información de cada interesado o grupo, se establecen las estrategias, los roles, los mecanismos, el público meta, los medios, los destinatarios, los responsables, la frecuencia y el propósito de los diferentes productos de comunicación. Adicionalmente establece la forma en la que se debe monitorear las comunicaciones del proyecto. Permite al Director de Proyecto desarrollar un enfoque apropiado para gestionar los requerimientos de comunicación del proyecto.
- 5.9 El plan de gestión de riesgos del proyecto es determinante ya que permite aumentar la probabilidad de éxito del proyecto, por medio de este; se crea o actualiza la Estructura de Desglose de Riesgos, se identifican los riesgos asociados al proyecto, se analizan y priorizan los riesgos mediante el uso de técnicas cualitativas o cuantitativas, se definen estrategias y planes para gestionar los riesgos identificados y se establecen planes para monitorear de forma sistemática la gestión de los riesgos del proyecto con el objetivo de atender cualquier riesgo materializado o identificar y documentar nuevos riesgos. Este plan

le permite al Director de Proyecto, aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos.

- 5.10 El plan de gestión de adquisiciones es una herramienta que permite identificar y planificar los requerimientos materiales del proyecto, obtener respuesta de los proveedores y de estos, seleccionar al que ofrezca una mejor oferta y adjudicarle el proceso para obtener el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios para el proyecto.
- 5.11 El plan de gestión de los interesados es un componente del Plan para la Dirección del Proyecto en el cual; se identifican a los diferentes interesados internos y externos del proyecto, se clasifican y definen las estrategias para su involucramiento y la forma en la que se debe realizar su monitoreo a lo largo de todo el proyecto. Esta herramienta le permite al Director de Proyecto gestionar de manera eficaz los interesados para lograr su apoyo o aceptación a la ejecución del trabajo del proyecto.

6. Recomendaciones

Como resultado de la realización del Proyecto Final de Graduación (PFG) se extraen las siguientes recomendaciones;

- 6.1 Al Patrocinador, exigir que en los proyectos de construcción de pozos geotérmicos se utilice el Plan de Gestión propuesto en el presente PFG como una herramienta para mejorar la planificación, el desempeño de las actividades, el control y el cierre de los proyectos.
- 6.2 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de la integración propuesto como medio para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación del proyecto, y adicionalmente que se actualice de forma periódica en conjunto con el Equipo de Proyecto, incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.
- 6.3 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión del alcance realizado en el presente PFG como medio para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito, y adicionalmente que se actualice de forma periódica el plan incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.
- 6.4 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión del cronograma para lograr la finalización del proyecto dentro de la restricción de tiempo definida, y adicionalmente que se actualice de forma periódica en conjunto con el Equipo de Proyecto el plan, incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.

- 6.5 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de los costos de manera que se realiza una eficiente estimación, presupuestación, gestión, monitoreo y control los costos del proyecto, para cumplir con la restricción de costos, y adicionalmente que se actualice de forma periódica el plan, incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.
- 6.6 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de la calidad propuesto en el PFG con el objetivo de garantizar una adecuada planificación, monitoreo, control y desempeño de la calidad del proyecto, y adicionalmente que se actualice de forma periódica el plan, incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.
- 6.7 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de los recursos propuesto de manera que se logre estimar, adquirir, gestionar y controlar adecuadamente los recursos físicos del proyecto, y adicionalmente que se actualice de forma periódica el plan, incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.
- 6.8 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de comunicación propuestos de forma tal que se logre desarrollar un enfoque y plan apropiados para la comunicación del proyecto que consideren las necesidades de información de cada interesado o grupo para que se facilite el éxito del proyecto, adicionalmente actualizar de forma periódica el plan incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.
- 6.9 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de riesgos propuesto para el proyecto de manera que se logre aumentar la probabilidad y/o el impacto de los

riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos y aumentar las posibilidades de éxito del proyecto. Adicionalmente actualizar de forma periódica el plan incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.

6.10 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de las adquisiciones propuesto en el presente PFG, de manera que se logre implementar con éxito el abastecimiento de los productos, servicios o resultados que son necesarios para el proyecto. Adicionalmente que se actualice de forma periódica el plan incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.

6.11 Al Director de Proyecto, implementar el plan de gestión de los interesados de forma que se logren definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados del proyecto, permitiendo obtener el apoyo a las decisiones, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto. Adicionalmente, se recomienda actualizar de forma periódica el plan incorporando las diferentes lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se obtengan durante y después de cada proyecto.

7. Bibliografía

Azuero, A. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONI*, 9(8), 110-217.

<http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>

Azar, J., Samuel, Robello. (2007). *Drilling Engineering*. PennWell Corp.

https://books.google.co.cr/books?id=eseViO982VgC&pg=PA3&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false

Badillo, F. (2014). *Diseño, terminación, reparación de pozos y su ejecución* (Tesis de grado, Universidad IPN).

<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/15401/1/Dise%C3%B1o%20terminaci%C3%B3n%20reparaci%C3%B3n%20de%20pozos%20y%20su%20ejecuci%C3%B3n.pdf>

Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.

http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

Banco Interamericano de desarrollo (2017). IDBx Expertos en Vivo | Experts on Air. *Gestión de Proyectos Sociales para ONGs y Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC) - Sesión 4*.

https://www.youtube.com/watch?v=6hIvJIWtmUY&feature=emb_logo

Banco Mundial. (2016). *Análisis comparativo de estrategias para la mitigación del riesgo asociado a los recursos geotérmicos* (024/16).

<http://documents1.worldbank.org/curated/en/407911467995618028/pdf/105172-SPANISH-PUBLIC-FINAL-ESMAP-GeoRiskMitigation-KS024-16SP-web.pdf>

- Banco Mundial. (2017). *Energía Geotérmica: Un nuevo mecanismo de mitigación de riesgos tiene como objeto alentar la inversión en energía geotérmica en gran escala en Indonesia*. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/geothermal>
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación científica*. Shalom.
- Campos, M. (2017). *Métodos de Investigación Académica: Fundamentos de la investigación bibliográfica*. Universidad de Costa Rica.
http://www.icomoscr.org/m/investigacion/%5BMETODOS%5DFolleto_v.1.1.pdf
- Cascante, J. (2011). *Métodos mixtos de investigación: guía de estudio*. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica.
- CENCE. (2019). *Informe Anual 2019*. Instituto Costarricense de Electricidad.
<https://apps.grupoice.com/CenceWeb/documentos/3/3008/12/Bolet%C3%83%C2%ADn%20Anual%202019.pdf>
- Cotajitambo, G. (2013). *Análisis técnico comparativo del uso de sistemas de colgadores de liner convencionales y colgadores de liner expandibles para optimizar la completación de pozos* (Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador).
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/751>
- Dumas, P. (2016). *Deep drilling costs reduction* [ponencia]. European Geothermal Congress 2016, Strasbourg, France. <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/EGC/2016/EGC2016-P-O-186.pdf>
- European Geothermal Energy Council. (2013). *Informe Final 2013 GEOELEC*.
<http://www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2014/01/GEOELEC-report-web.pdf>
- Fallas, C., Rodríguez, J. (2010). *Miravalles: Historia del primer complejo de energía geotérmica en Costa Rica*. Instituto Costarricense de Electricidad.
<https://isbn.cloud/9789977930237/miravalles-historia-del-primer-complejo-de-energia-geotermica-en-costa-rica/>

Garzon, L. (2018). *Riesgos en gestión de proyectos*. Fundación Universitaria Empresarial.

<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/22536/TNI%20G245r.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GPM Global (2018). *Gestión de Proyectos Sostenibles: La Guía de Referencia de GPM*.

Grupo ICE. (2015). *Costa Rica: Energía geotérmica, modelo propio de sostenibilidad*.

https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/8823524c-7cc7-4cef-abde-a1f06e14da0e/matriz_folleto_web2.pdf?MOD=AJPERES&CVID=I8SK4gG

Grupo ICE. (2018). *Nuestras acciones de sostenibilidad 2016-2017*.

<https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/d9577aa1-9ff9-465a-969c-ebdb04f0e1b8/Informe+de+sostenibilidad-v6.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mNSB01j>

Grupo ICE (2020a). *Quiénes somos*.

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/quienes-somos/historia>

Grupo ICE (2020b). *Principios corporativos*.

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/quienes-somos/principios-corporativos>

Grupo ICE (2020c). *Proyectos energéticos*.

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/proyectos-energeticos/de-generacion>

Hackett, L. (2020). *Analysis of Drilling Performance Using PDC Bits, Fallon FORGE Well 21-31* [ponencia]. Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California.

<https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2020/Hackett.pdf>

Hawker, D., Vogt, K., Robinson, A. (2001). *Procedimientos y operaciones en el pozo*.

<https://www.u-cursos.cl>

Hernández, S. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL /

INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- IADC (2014). *IADC Drilling Manual*. <https://www.iadc.org/wp-content/uploads/2015/08/preview-fl.pdf>
- Maranto, M., González, M. (2015). *Fuentes de Información*. UAEH, MEXICO.
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Marbun, B., Somawijaya, A., Novrianto, A., Hasna, H., Anshari, M. (2016). *Study of Prevention and Mitigation of Stuck Pipe in Geothermal Drilling* [ponencia]. Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California.
<https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2016/Marbun2.pdf>
- Medina, H. (2009). *Diseño de Proyectos de Inversión con el enfoque de marco lógico*. IICA
<http://repiica.iica.int/docs/B3098e/B3098e.pdf>
- Moreno, N., Sánchez, L., Velosa, J. (2018). *Introducción a la gerencia de proyectos: conceptos y aplicación*. Universidad EAN. <https://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/Introduccion-a-la-gerencia-de-proyectos-conceptos-y-aplicacion-ean.pdf>
- Nielson, D., Shervais, J. (2020). *Geothermal Risk Mitigation and Business Models*. Workshop on Geothermal Reservoir Engineering [ponencia]. Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, California.
<https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2020/Nielson.pdf>
- Lledó, P. (2017). *Administración de Proyectos: El ABC para un director de proyectos exitoso*. USA.
- Omondi, P. (2016). *Impact of drilling equipment quality condition and expertise availability on well drilling cost-a case study of Olkaria geothermal field* [ponencia]. African Rift Geothermal Conference Addis, Ababa, Ethiopia. <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/ARGeo/2016/39.pdf>

- Parada, L., Cajas, C., Orellana, M., Taco, E. (2015). *Propuestas de Diseño para la Perforación de Pozos* (Proyecto de graduación, Universidad de El Salvador).
<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8900/1/Propuestas%20de%20dise%C3%B1o%20para%20la%20perforaci%C3%B3n%20de%20pozos%20exploratorios.pdf>
- Pemex. (2003). *Manual para el ITP y coordinador de perforación y mantenimiento de pozos*. México.
- Project Management Institute Inc. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (Guía del PMBOK®). Project Management Institute.
- Ramirez, A. (sf). *Metodología de la investigación científica*. Pontificia Universidad Javeriana.
<http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/1.pdf>
- Romanos, S. (2000). *Guía de fuentes de información especializada*. GREBYD.
http://biblio.colmex.mx/curso_investigacion_documental/tutorial/PDF/Gu%C3%ADa%20de%20fuentes.pdf
- Rose, K. H. (2014). *Project Quality Management: why, what and how*. Estados Unidos de Norteamérica: J. Ross Publishing.
- Teodoriu, C. (2015). *Why and When Does Casing Fail in Geothermal Wells: a Surprising Question?* [ponencia]. World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia.
<https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2015/21041.pdf>
- Torres, Z., Torres, H. (2014). *Administración de proyectos*. Grupo Editorial Patria.
<https://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384178.pdf>
- Thorhallsson, S., Gunnlaugsson, E. (2012). *Directional wells*. El Salvador.
<http://www.os.is/gogn/unu-gtp-sc/UNU-GTP-SC-14-24.pdf>

- Ussher, G., Hochwimmer, A. (2015). *Reducing Geothermal Resource Risk and Project Schedule Prior to Exploration Drilling* [ponencia]. World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia.
<https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2015/11064.pdf>
- Villaseñor, I. (2008). Metodología para la elaboración de guías de fuentes de información. *Investigación bibliotecológica*, 22(46), 113-138.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2008000300006
- Wallace, W. (2014). *Gestión de Proyectos*. Heriot Watt University.
<https://ebs.online.hw.ac.uk/documents/course-tasters/spanish/pdf/pr-bk-taster.pdf>
- Yuts, O. (2017). *Propuesta de una metodología para dirección de proyectos en la empresa ABC* (Proyecto de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica).
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9137/Propuesta%20de%20una%20metodolog%C3%ADa%20para%20direcci%C3%B3n%20de%20proyectos%20en%20la%20empresa%20ABC%20Olga%20Yuts%2016.06.17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. Anexos

8.1 Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
23 de octubre de 2020	Plan de Gestión del proyecto para la construcción de pozos geotérmicos en el Centro de Servicios Recursos Geotérmicos.
Áreas de conocimiento / procesos:	Área de aplicación (Sector / Actividad):
<p>Grupos de Procesos: Iniciación, planificación.</p> <p>Áreas de conocimiento: Integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicación, riesgos, adquisiciones e interesados.</p>	<p>Sector: Público</p> <p>Actividad: Energía / Construcción</p>
Fecha de inicio del proyecto	Fecha estimada de finalización del proyecto
25 de enero del 2021	25 de mayo del 2021
Objetivos del proyecto (general y específicos).	
<p>Objetivo general</p> <p>Elaborar la propuesta de un plan de gestión del proyecto para la construcción de pozos geotérmicos, para utilizarlo como modelo de manera que se mejore la planificación, el control, el cierre y el desempeño de las actividades de perforación.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Crear el plan de gestión de la integración del proyecto para lograr la unificación, consolidación, comunicación e interrelación en el proyecto. 2. Elaborar el plan de gestión del alcance para definir el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito. 3. Crear un plan de gestión del cronograma para administrar la finalización del 	

proyecto de forma exitosa.

4. Desarrollar un plan de gestión de costos para definir como se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto, solo a nivel de propuestas metodológicas ya que por razones de confidencialidad no se pueden aportar los datos de costos reales.
5. Establecer un plan de gestión de la calidad para garantizar un adecuado control y desempeño del proyecto en cuanto al cumplimiento de los requisitos establecidos.
6. Elaborar un plan de gestión de los recursos para definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo del proyecto.
7. Desarrollar un plan de gestión de comunicación para desarrollar el enfoque y plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto.
8. Establecer un plan de gestión de riesgos del proyecto que permita aumentar la probabilidad y/o el impacto de los riesgos positivos, disminuir la probabilidad y/o el impacto de los riesgos negativos para optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.
9. Elaborar un plan de gestión de adquisiciones para el abastecimiento de los productos, servicios o resultados necesarios que se deben obtener fuera del equipo del proyecto.
10. Crear un plan de gestión de los interesados del proyecto para definir las estrategias para involucrar de manera eficaz a los interesados en apoyo de las decisiones del proyecto, la planificación y ejecución del trabajo del proyecto.

Justificación o propósito del proyecto (Aporte y resultados esperados)

La empresa se dedica al desarrollo de proyectos de energía, siendo una de las fuentes más importantes en la coyuntura actual la geotérmica. En este campo se cuenta con gran experiencia y a nivel del país es la única que se dedica a este tipo de actividad. Inicialmente, la perforación de los pozos geotérmicos era subcontratada a empresas internacionales, con el paso del tiempo los profesionales y técnicos nacionales obtuvieron la experiencia y se decidió asumir el riesgo de desarrollar la actividad con recursos propios, iniciando con el proceso principal (operación de la perforadora), subcontratando servicios periféricos (perforación direccional, servicios de aire), y posteriormente asumiendo el 100% de los procesos. Dado que el contratar el servicio a un tercero puede representar un aumento en el costo de cerca del 40%, esta decisión le ha significado al país un ahorro enorme en el desarrollo de proyectos geotérmicos.

En la actualidad, el desarrollo de proyectos se hace cada vez más difícil, por lo que la empresa ha decidido incursionar en la venta de servicios a nivel nacional e internacional, y para este tipo de desarrollos la oportunidad es externa por lo que resulta de imperativo optimizar su construcción y sistematizar la forma en la que se gestionan este tipo de proyectos de manera que se logre mejorar el desempeño y ser altamente competitivos de manera que se pueda incursionar a nivel internacional.

Los beneficios esperados para la empresa con la realización del proyecto son:

1. Contar con un plan de gestión del proyecto basado en las mejores prácticas del sector de acuerdo con la guía del PMI.
2. Sistematizar la planificación, implementación, monitoreo y control de la construcción de pozos geotérmicos, para que se obtenga el mejor desempeño y

se utilice los recursos de la forma más eficiente posible.

3. Mejorar el desempeño para generar de los proyectos de manera que la empresa pueda continuar con el desarrollo de proyectos competitivos desde el punto de vista económico y pueda competir a nivel internacional.

Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto

El producto final del proyecto es el documento con el plan de gestión del proyecto para la construcción de pozos geotérmicos, y los entregables que lo integran son los siguientes:

1. El plan de gestión de la integración.
2. El plan de gestión del alcance.
4. El plan de gestión del cronograma.
4. El plan de gestión de costos a nivel de propuestas metodológicas.
5. El plan de gestión de la calidad.
6. El plan de gestión de los recursos.
7. El plan de gestión de comunicación.
8. El plan de gestión de riesgos.
9. El plan de gestión de adquisiciones.
10. El plan de gestión de los interesados.

Supuestos

1. Se cuenta con la información suficiente para realizar el proyecto.
2. El tiempo programado para la realización del proyecto es suficiente.

3. Se contará con acceso a las fuentes de información requeridas de la empresa para desarrollar adecuadamente el tema.
4. Se contará con los recursos requeridos para desarrollar el proyecto.
5. No se presentarán eventos imprevistos que impidan la dedicación del tiempo requerido para la realización del proyecto.

Restricciones

1. El tiempo para el desarrollo del perfil del PFG es de 5 semanas.
2. Los recursos para la ejecución del proyecto son limitados y no pueden ampliarse.
3. El presupuesto disponible para ejecutar el proyecto no puede superarse.
4. El alcance del proyecto se limita a la elaboración del Proyecto Final de Graduación.
5. El proyecto debe cumplir con los formatos de la UCI y las normas APA.

Identificación riesgos

1. Si la calidad de los entregables semanales no cumple con los estándares establecidos por la UCI, se puede ver afectada la fecha de finalización del proyecto perdiéndose el curso.
2. Si la información existente no es suficiente o adecuada para cumplir con los entregables, se pueden incumplir los objetivos del PFG, afectando el alcance del proyecto.
3. Si no se cumple con los formatos y normas APA, se pueden incumplir los

estándares de calidad definidos para el proyecto afectando el tiempo de cada entregable.

4. Si no se realiza el adecuado seguimiento del cronograma establecido, se pueden generar incumplimientos en las fechas establecidas para cada entregable afectando la finalización del proyecto.
5. Si no se gestiona de forma adecuada la comunicación del proyecto, se pueden generar problemas de interpretación de cada entregable originando el incumplimiento del alcance o la calidad del producto final.

Presupuesto

Para la realización del PFG se establece el siguiente presupuesto:

Actividad	Recurso	Tiempo (horas)	Costo (\$)	Total (\$)
Seminario de Graduación				
Entregables semana 1	Horas estudiante	20	\$15,00	\$300,00
Entregables semana 2	Horas estudiante	20	\$15,00	\$300,00
Entregables semana 3	Horas estudiante	20	\$15,00	\$300,00
Entregables semana 4	Horas estudiante	20	\$15,00	\$300,00
Entregables semana 5	Horas estudiante	20	\$15,00	\$300,00
Uso de instalaciones y consumibles	Facilidades y consumibles	100	\$10,00	\$1 000,00
Capacitación	Seminario	1	\$872,86	\$872,86
Subtotal Seminario de Graduación				\$3 372,86
Trabajo final de graduación				
Informe de avance 1	Horas estudiante	40	\$15,00	\$600,00
Informe de avance 2	Horas estudiante	40	\$15,00	\$600,00
Informe de avance 3	Horas estudiante	40	\$15,00	\$600,00
Informe de avance 4	Horas estudiante	40	\$15,00	\$600,00
Informe de avance 5	Horas estudiante	40	\$15,00	\$600,00
Informe de avance 6	Horas estudiante	40	\$15,00	\$600,00
Correcciones del PFG	Horas estudiante	30	\$15,00	\$450,00
Presentación documento final	Horas estudiante	10	\$15,00	\$150,00
Uso de instalaciones y consumibles, soporte	Facilidades y consumibles	160	\$10,00	\$1 600,00
Costo del Curso	Tutoría	1	\$873,00	\$873,00
Subtotal Trabajo final de graduación				\$6 673,00
Total				\$10 045,86

Principales hitos y fechas		
Nombre hito	Fecha inicio	Fecha final
Desarrollo del SG (Entregables y anexos).	26/10/2020	29/11/2020
Aprobación SG.	30/11/2020	04/12/2020
Desarrollo de tutoría del PFG.	25/01/2021	19/04/2021
Aprobación final del PFG para lectura.	20/04/2021	25/04/2021
Revisión del PFG por lectores.	26/04/2021	11/05/2021
Corrección de observaciones de Lectores.	12/05/2021	18/05/2021
Aprobación final del PFG.	18/05/2021	25/05/2021
Información histórica relevante		
<p>En 1963, con la ayuda de una misión de las Naciones Unidas, inicia un programa de estudios científicos a fin de identificar potenciales zonas de interés geotérmico en el País. Producto de esta investigación, se identificaron como áreas promisorias, sectores cercanos a los volcanes Tenorio, Miravalles y Rincón de la Vieja. Debido a las facilidades de infraestructura, se decidió iniciar estudios detallados en el área de Miravalles y como resultado, en marzo de 1994 inicia la operación de la primera planta geotérmica del país, (Planta</p>		

Geotérmica Miravalles I) con capacidad para producir 55 MW. Actualmente, el Centro de Servicio Recursos Geotérmicos cuenta con la operación del Campo Geotérmico Miravalles de 163 MW, el Campo Geotérmico Pailas con dos unidades que generan 90 MW, y se encuentra en desarrollo el Campo Geotérmico Borinquen que generará 55 MW en su primera etapa y en el cual se deben perforar 20 pozos profundos direccionales, con profundidades promedio de 2500 m.

El CS Recursos geotérmicos cuenta con amplia experiencia en la perforación de pozos geotérmicos, tanto verticales como direccionales, cuenta con tres equipos de perforación y es una de las pocas empresas a nivel mundial que maneja todo el proceso y servicios asociados de forma integral, es decir que no subcontrata ningún tipo de servicios a terceros.

Identificación de grupos de interés (involucrados)

Involucrados Directos:

- Estudiante responsable de la elaboración del PFG.
- Profesor del seminario, responsable de la revisión y aprobación.
- Profesor tutor del PFG.
- Profesores revisores del PFG.

Involucrados Indirectos:

- Estudiantes compañeros del seminario.
- Miembros de la empresa que brindarán información requerida para el PFG.

Director de proyecto:

Ing. Hartman Guido Sequeira

Firma:

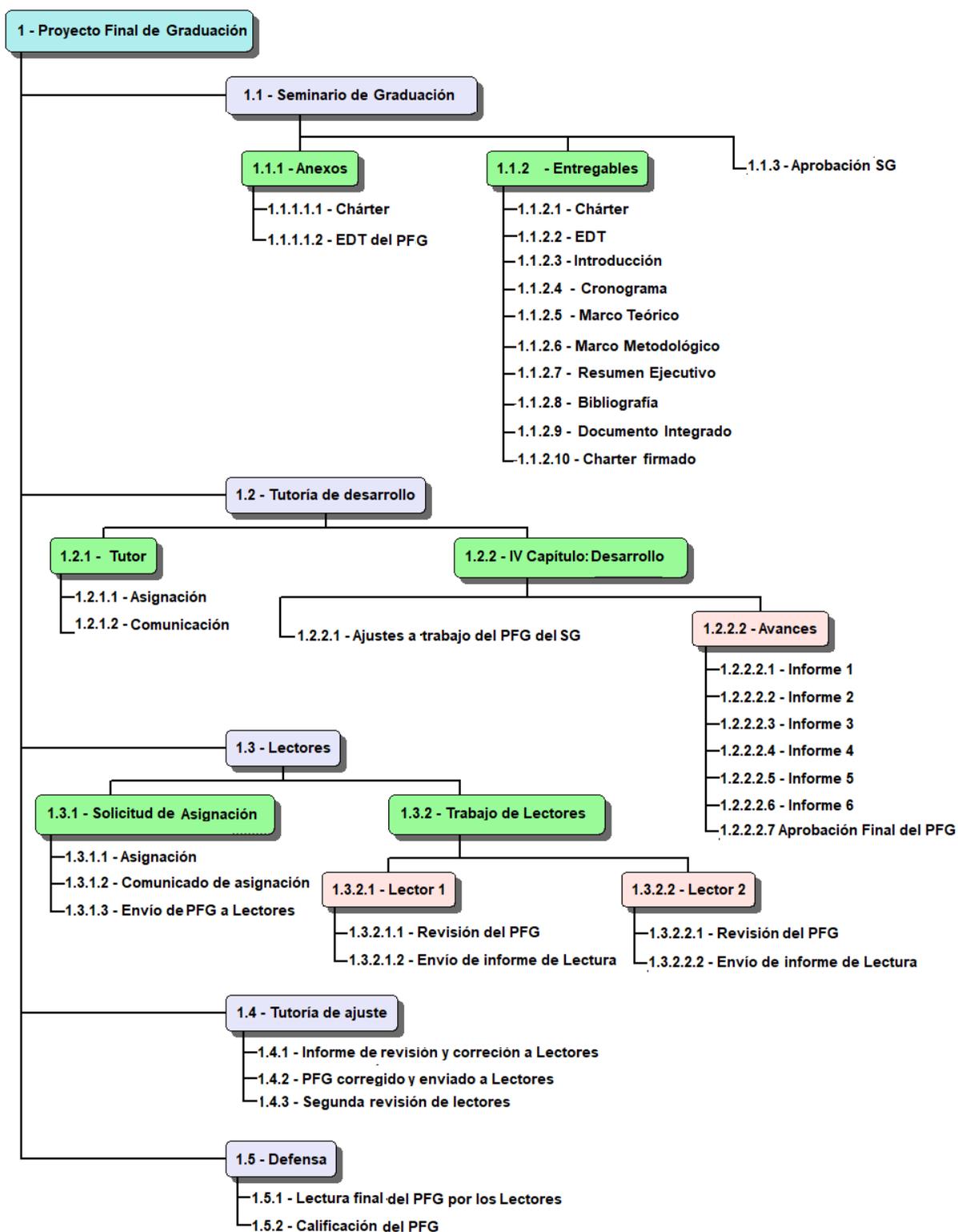


Autorización de:

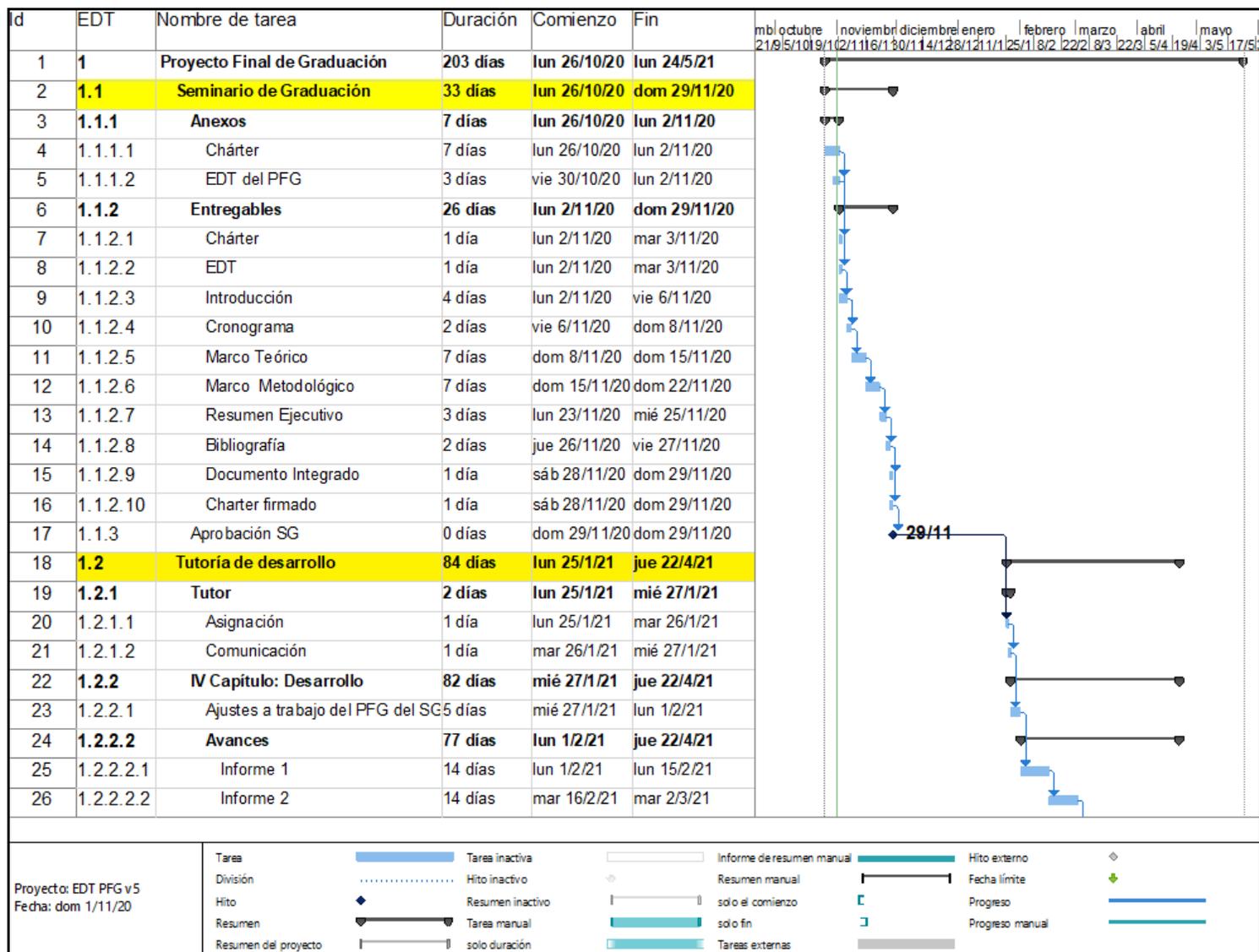
Ing. Álvaro Mata Leitón

Firma:

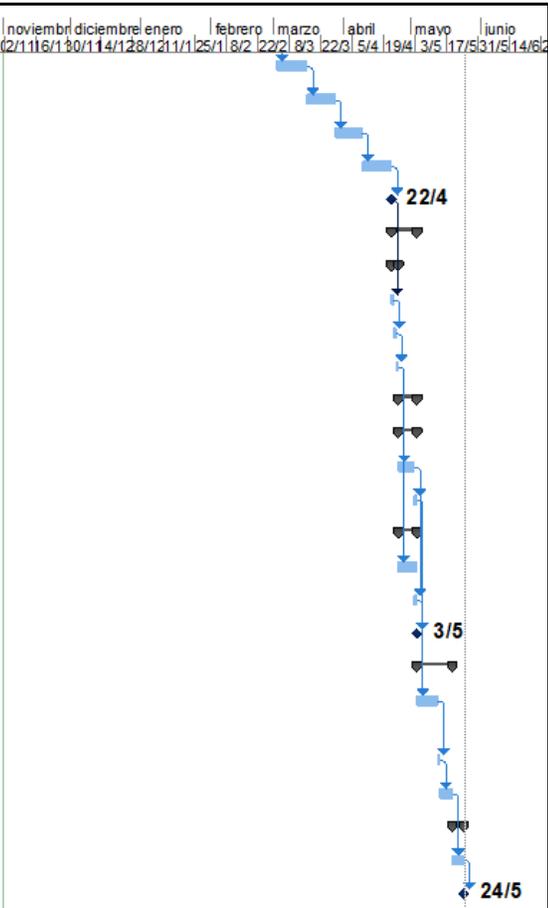
8.2 Anexo 2: EDT del PFG



8.3 Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG



d	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
27	1.2.2.2.3	Informe 3	13 días	mar 2/3/21	lun 15/3/21									
28	1.2.2.2.4	Informe 4	12 días	mar 16/3/21	dom 28/3/21									
29	1.2.2.2.5	Informe 5	12 días	dom 28/3/21	vie 9/4/21									
30	1.2.2.2.6	Informe 6	12 días	vie 9/4/21	jue 22/4/21									
31	1.2.2.3	Aprobación Final del PFG	0 días	jue 22/4/21	jue 22/4/21									
32	1.3	Lectores	11 días	jue 22/4/21	lun 3/5/21									
33	1.3.1	Solicitud de Asignación	3 días	jue 22/4/21	dom 25/4/21									
34	1.3.1.1	Asignación	1 día	jue 22/4/21	vie 23/4/21									
35	1.3.1.2	Comunicado de asignación	1 día	vie 23/4/21	sáb 24/4/21									
36	1.3.1.3	Envío de PFG a Lectores	1 día	sáb 24/4/21	dom 25/4/21									
37	1.3.2	Trabajo de Lectores	8 días	dom 25/4/21	lun 3/5/21									
38	1.3.2.1	Lector 1	8 días	dom 25/4/21	lun 3/5/21									
39	1.3.2.1.1	Revisión del PFG	7 días	dom 25/4/21	dom 2/5/21									
40	1.3.2.1.2	Envío de informe de Lectura	1 día	dom 2/5/21	lun 3/5/21									
41	1.3.2.2	Lector 2	8 días	dom 25/4/21	lun 3/5/21									
42	1.3.2.2.1	Revisión del PFG	8 días	dom 25/4/21	lun 3/5/21									
43	1.3.2.2.2	Envío de informe de Lectura	1 día	dom 2/5/21	lun 3/5/21									
44	1.3.2.3	Documentos revisados por el lec	0 días	lun 3/5/21	lun 3/5/21									
45	1.4	Tutoría de ajuste	15 días	lun 3/5/21	mié 19/5/21									
46	1.4.1	Informe de revisión y corrección a Lectores	9 días	lun 3/5/21	mié 12/5/21									
47	1.4.2	PFG corregido y enviado a Lectores	1 día	jue 13/5/21	jue 13/5/21									
48	1.4.3	Segunda revisión de lectores	5 días	vie 14/5/21	mié 19/5/21									
49	1.5	Defensa	5 días	mié 19/5/21	lun 24/5/21									
50	1.5.1	Lectura final del PFG por los Lectores	5 días	mié 19/5/21	lun 24/5/21									
51	1.5.2	Calificación del PFG	0 días	lun 24/5/21	lun 24/5/21									



Proyecto: EDT PFG v5
Fecha: dom 1/11/20

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite	
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Progreso	
Resumen		Tarea manual		solo fin		Progreso manual	
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas			

8.4 Anexo 4: ACTA (CHÁRTER) DEL PROYECTO

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
25 de enero del 2021	Construcción de pozos geotérmicos en el Centro de Servicios Recursos Geotérmicos.
Áreas de conocimiento / procesos:	Área de aplicación (Sector / Actividad):
<p>Grupos de Procesos: Iniciación, planificación.</p> <p>Áreas de conocimiento: Integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicación, riesgos, adquisiciones e interesados.</p>	<p>Sector: Público</p> <p>Actividad: Energía / Construcción</p>
Fecha de inicio del proyecto	Fecha estimada de finalización del proyecto
19 de febrero del 2021	08 de agosto del 2021
Objetivos del proyecto (general y específicos).	
<p>Objetivo general</p> <p>Realizar la construcción de un pozo geotérmico profundo para el suministro de materia prima energética al sistema de generación mediante la aplicación de las buenas prácticas de acuerdo a los principios de la administración de proyectos del PMI.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>4 Definir un Plan para la Dirección del proyecto que permita realizar una construcción con los mejores niveles de eficiencia y alto desempeño en la gestión en la gestión del; alcance, el cronograma los costos, el presupuesto, la calidad, los recursos, las comunicaciones, los riesgos, las adquisiciones y los interesados del proyecto del proyecto.</p> <p>5 Construir un pozo geotérmico funcional que cumpla con los requisitos definidos por</p>	

el cliente.

- 6 Realizar el suministro de la herramienta requerida para la adecuada construcción del pozo para asegurar el adecuado cumplimiento del desempeño del trabajo del proyecto.
- 7 Ejecutar el mantenimiento de los sistemas asociados a la perforación para asegurar el cumplimiento de los objetivos y desempeño del trabajo del proyecto.
- 8 Realizar las pruebas definidas en los programas de perforación para asegurar que el pozo finalizado cumple con los requisitos de funcionalidad y calidad definidos por el cliente.

Justificación o propósito del proyecto (Aporte y resultados esperados)

La empresa se dedica al desarrollo de proyectos de energía, siendo en la coyuntura actual la geotermia una de las fuentes más importantes. Los campos geotérmicos requieren tanto para su mantenimiento como para el desarrollo de nuevos campos, la perforación de nuevos pozos geotérmicos.

En la actualidad, el desarrollo de proyectos se hace cada vez más difícil, por lo que la empresa ha decidido incursionar en la venta de servicios a nivel nacional e internacional, por lo que resulta de imperativo optimizar la construcción de pozos y sistematizar la forma en la que se construyen y gestionan este tipo de proyectos de manera que se logre mejorar el desempeño y la competitividad.

Los beneficios esperados para la empresa con la realización del proyecto son:

- Contar con un sistema de gestión del proyecto altamente eficiente basado en las mejores prácticas del sector de acuerdo con la guía del PMI.
- Construir un pozo geotérmico funcional y con altos niveles de desempeño que

permitan mejorar los indicadores de tiempo, costo y calidad del proyecto.

- Mejorar el desempeño en las actividades asociadas al suministro de herramientas y el mantenimiento de los sistemas asociados a la perforación de manera que se mejoren los indicadores de desempeño del tiempo, costo y calidad.

Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto

Los entregables del proyecto son los siguientes:

- El plan de gestión para la Dirección del proyecto.
- La construcción de un pozo geotérmico funcional

Supuestos

- Se cuenta con el respaldo presupuestario para realizar el proyecto.
- Se dispondrá del personal capacitado necesario para las diferentes actividades del proyecto.
- Se contará con los recursos requeridos para desarrollar el proyecto.
- No se presentarán eventos imprevistos que impidan el desarrollo del proyecto.

Restricciones

- El tiempo para el desarrollo del proyecto es de 166 días.
- Se debe trabajar en jornadas 24/7 en turnos rotativos de 8 horas.

- Los recursos para la ejecución del proyecto son limitados y no pueden ampliarse.
- El presupuesto disponible para ejecutar el proyecto no puede superarse, y se estima en \$4 245 527,02.

Identificación riesgos

- Si se presentan recortes presupuestarios, podría verse afectada la fecha de finalización del proyecto incumpléndose los indicadores de desempeño del trabajo del proyecto.
- Si se presentan condiciones climáticas adversas, podría generarse la paralización en las obras, disminuyendo el rendimiento o generarse daños materiales y de infraestructura que podrían originar retrasos en el avance del proyecto.
- Si se presentan desastres naturales entonces se podrían generar daños a la infraestructura existente, pérdidas de bienes, vidas humanas y económicas, generándose posibles atrasos en el proyecto.
- Si se presentan colapsos en los pozos perforados que requieran actividades de reparación, entonces se podría generar afectación en el tiempo y el costo del proyecto.
- Si se presentan problemas con las comunidades del área de influencia se podría dar el cierre de las vías de acceso al proyecto, entonces se podría originar atrasos al proyecto que afecten el cumplimiento de los indicadores de tiempo y costo.
- Si se genera un desabastecimiento de agua a las perforadoras en un momento dado, entonces podrían originarse atrasos que impidan el cumplimiento de los

indicadores de desempeño del proyecto afectando el tiempo y el costo.

Presupuesto

Para la realización del proyecto se requiere un presupuesto estimado de \$ 5 500 000 USD

Principales hitos y fechas

Nombre hito	Fecha	
Procesos de inicio y planificación del proyecto	21/02/2021	
Finalización de la primera Etapa	31/03/2021	
Finalización de la segunda Etapa	02/05/2021	
Finalización de la tercera Etapa	19/06/2021	
Finalización del pozo	31/07/2021	

Información histórica relevante

En marzo de 1994 inicia la operación de la primera planta geotérmica del país, (Planta Geotérmica Miravalles I) con capacidad para producir 55 MW. Actualmente, el Centro de Servicio Recursos Geotérmicos cuenta con la operación del Campo Geotérmico Miravalles de 163 MW, el Campo Geotérmico Pailas con dos unidades que generan 90 MW, y se encuentra en desarrollo el Campo Geotérmico Borinquen que generará 55 MW en su primera etapa y en el cual deben perforar 20 pozos profundos direccionales, con profundidades promedio de 2500 m.

El CS Recursos geotérmicos cuenta con amplia experiencia en la perforación de pozos geotérmicos, tanto verticales como direccionales, cuenta con tres equipos de perforación y es una de las pocas empresas a nivel mundial que maneja todo el proceso y servicios asociados de forma integral, es decir que no subcontrata ningún tipo de servicios a terceros.

Identificación de grupos de interés (involucrados)

Involucrados Directos:

- Patrocinador del proyecto.
- Director del proyecto.
- Equipo de Proyecto.
- Proveedores internos de servicios.

Involucrados Indirectos:

- Proveedores de servicios externos.
- Comunidades.
- Entes públicos supervisores.

Director de proyecto:

Coordinador del Equipo de Perforación

Firma:

Autorización de:

Patrocinador del Proyecto

Firma: