



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREAS DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**FORMULACIÓN DE UN PROYECTO PARA OPTIMIZAR LA PERFORACIÓN DE
HOYOS DE ALTO ÁNGULO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE
PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EN VENEZUELA**

Presentado por:

Díaz Ceballos, José Gregorio

Para optar al título de:

Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor:

González Rincón, Julio Alfonso

Caracas, julio de 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREAS DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**FORMULACIÓN DE UN PROYECTO PARA OPTIMIZAR LA PERFORACIÓN DE
HOYOS DE ALTO ÁNGULO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE
PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EN VENEZUELA**

Presentado por:

Díaz Ceballos, José Gregorio

Para optar al título de:

Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor:

González Rincón, Julio Alfonso

Caracas, julio de 2018

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR

Por medio de la presente hago constar que he leído el Trabajo Especial de Grado presentado por el ciudadano José Gregorio Díaz Ceballos para optar al grado de Especialista en Gerencia de Proyectos, cuyo título es "FORMULACIÓN DE UN PROYECTO PARA OPTIMIZAR LA PERFORACIÓN DE HOYOS DE ALTO ÁNGULO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EN VENEZUELA", y manifiesto que cumple con los requisitos exigidos por la Dirección General de los Estudios de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello, y que, por lo tanto, lo considero apto para ser evaluado por el jurado que se decida designar a tal fin.

En la ciudad de Caracas, a los 25 días del mes de julio de 2018.



Julio Alfonso González Rincón

C.I. 12.416.105

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA



Los Teques, 25 de Julio de 2018

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Por medio de la presente hacemos constar que el estudiante, **DÍAZ CEBALLOS, JOSÉ GREGORIO**, portador (a) de la Cédula de Identidad N° **12.606.933**, ingresó como **TESISTA** en la **GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS** de esta institución, en el lapso comprendido entre el **25/01/2018** al **25/07/2018**, bajo la tutoría empresarial de **JULIO GONZÁLEZ**.

Para cualquier información adicional, favor comunicarse con la Gerencia Funcional de Recursos Humanos, teléfono (0212) 330.72.99.

Constancia que se expide en la ciudad de Los Teques, a los 25 días del mes de julio de 2018.

Atentamente,



Pedro Sánchez
Gerente
Gerencia Funcional de Recursos Humanos



LISTA DE ACRONIMOS Y SIGLAS

ECD	<i>Equivalent Circulating Density</i> (densidad de circulación equivalente)
EDT	Estructura Desagregada de Trabajo
FPO	Faja Petrolífera del Orinoco
gpm	Galones por minuto
IVIC	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
JPT	<i>Journal of Petroleum Technology</i> . Publicación oficial de la <i>Society of Petroleum Engineers</i>
JSA	<i>Junk Slot Area</i> (área de desalojo del componente de la sarta de perforación)
Pequiven	Petroquímica de Venezuela, S.A.
PDVSA	Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima
PRG	Gerencia General de Producción, PDVSA Intevep
PRCP	Gerencia Departamental de Construcción de Pozos, PDVSA Intevep
P-HAR	<i>Pipe-Hole Area Ratio</i> (relación de área hoyo-tubería)
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i> (Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos, del <i>Project Management Institute</i>)
PMI	<i>Project Management Institute</i>
rpm	Revoluciones por minuto

SEA Sistema de Estado del Arte

SIT Sistema de Inteligencia Tecnológicas

SPE *Society of Petroleum Engineers*

WBS *Work Breakdown Structure* (estructura desagregada de trabajo)



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREAS DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

FORMULACIÓN DE UN PROYECTO PARA OPTIMIZAR LA PERFORACIÓN DE
HOYOS DE ALTO ÁNGULO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE
PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EN VENEZUELA

Autor: Díaz Ceballos, José Gregorio
Asesor: González Rincón, Julio Alfonso
Año: 2018

RESUMEN

La perforación de hoyos de alto ángulo es necesaria para la construcción de pozos horizontales para producción de petróleo, como los presentes en la Faja Petrolífera del Orinoco. Durante su perforación pueden ocurrir problemas operacionales que implican mayores costos para la construcción de los pozos y retardo en la entrega de los mismos. Esta investigación tuvo como propósito formular un proyecto que genere una metodología de trabajo que permita optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo, basada en un análisis que considere parámetros y prácticas operacionales, que oriente la toma de decisiones durante la perforación, que permita optimizar la velocidad de penetración y evitar la ocurrencia de los problemas operacionales. Esta investigación fue desarrollada en PDVSA Intevep. En este Trabajo Especial de Grado se plantea una investigación aplicada, con un componente en su diseño de investigación bibliográfico y con un componente de campo no experimental asociado a entrevistas y juicio de expertos, lo que permitió diseñar los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto y estructurar el plan detallado de ejecución del mismo. La metodología que se plantea desarrollar en el proyecto formulado se apoyará en una herramienta computacional necesaria para su implementación y en manuales asociados a la planificación y a las operaciones de perforación. Se incluye la definición de estrategias necesarias para transferir al personal del área operacional de PDVSA los conocimientos a desarrollar durante la materialización del proyecto formulado en esta investigación.

Palabras Clave: Gerencia de Proyectos, Formulación de Proyectos, Construcción de Pozos, Perforación, Hoyos de Alto Ángulo.

Línea de Trabajo: Formulación y Evaluación de Proyectos.

INDICE GENERAL

Contenido	Pág.
CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR	i
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	ii
LISTA DE ACRONIMOS Y SIGLAS	iii
RESUMEN	v
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA	5
1.1 Planteamiento del Problema	5
1.1.1 Formulación del Problema	8
1.1.2 Sistemización del Problema.....	8
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo General	9
1.2.2 Objetivos Específicos.....	9
1.3 Justificación de la Investigación	10
1.4 Alcance y Delimitaciones de la Investigación.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 Antecedentes	13
2.2 Fundamentos Teóricos	15
2.2.1 Fundamentos teóricos asociados a Gestión de Proyectos	15
2.2.2 Fundamentos teóricos asociados a Perforación de Alto Ángulo	32
2.3 Bases Legales	44

2.4	Definición de Términos	44
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.....		46
3.1	Tipo de Investigación	46
3.2	Diseño de la Investigación	47
3.3	Unidad de Análisis	48
3.4	Población y Muestra.....	48
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	49
3.6	Fases de la Investigación.....	50
3.7	Operacionalización de los Objetivos	51
3.8	Estructura Desagregada de Trabajo de la investigación.....	53
3.9	Aspectos Éticos.....	53
3.10	Cronograma	54
3.11	Recursos.....	55
CAPITULO IV: MARCO ORGANIZACIONAL.....		56
4.1	Breve reseña histórica	56
4.2	Misión.....	58
4.3	Visión	59
4.4	Valores.....	59
4.5	Objetivos	60
4.6	Productos y servicios	61
4.7	Estructura de la organización.....	62
4.8	Estructura del departamento donde está enmarcada la investigación	63
CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS		65
5.1	Estudios previos necesarios para el desarrollo de la metodología	65
5.2	Diagnostico de la perforación de hoyos de alto ángulo.....	68

5.3	Actividades requeridas para el desarrollo de la metodología.....	72
5.4	Planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio.....	78
5.4.1	Gestión del Alcance	78
5.4.2	Gestión del Cronograma.....	89
5.4.3	Gestión de los Costos	99
5.4.4	Gestión de los Riesgos	107
5.5	Plan detallado de ejecución del proyecto.....	116
5.6	Estrategias para transferir conocimientos a desarrollar	124
CAPÍTULO VI: LA PROPUESTA.....		129
CAPÍTULO VII: EVALUACIÓN DEL PROYECTO		137
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		143
8.1	Conclusiones	143
8.2	Recomendaciones	144
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		146

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Pág.
1: Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento	21
2: Descripción general de la gestión del alcance del proyecto	23
3: Descripción general de la gestión del cronograma del proyecto	25
4: Descripción general de la gestión de los costos del proyecto	27
5: Descripción general de la gestión de los riesgos del proyecto	30
6: Comportamiento de los ripsos dependiendo del ángulo del hoyo	33
7: Efecto de rotación de sarta en limpieza de hoyos de alto ángulo.....	34
8: Velocidad de rotación de sarta en limpieza de hoyos de alto ángulo	35
9: Efecto del caudal en la limpieza de hoyos de alto ángulo	37
10: Diferentes componentes del ensamblaje de fondo.....	39
11: Posible situación “hoyo pequeño con tubería de perforación grande”	43
12: Estructura desagregada de trabajo de la investigación	53
13: Cronograma de la investigación	54
14: Organigrama de PDVSA Intevep.....	63
15: Organigrama de Gerencia General de Producción	64
16: Estructura desagregada de trabajo del proyecto formulado	89
17: Diagrama de red del proyecto formulado	94
18: Diagrama de red del cronograma del proyecto formulado	98
19: Matriz de probabilidad e impactos.....	109

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pág.
1: Definición de términos	45
2: Operacionalización de los objetivos	52
3: Recursos necesarios para el desarrollo de la investigación	55
4: Lista de requisitos	81
5: Lista de actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto.....	92
6: Estimación de la duración de las actividades	96
7: Estimado de los costos para cada una de las actividades	104
8: Presupuesto del proyecto formulado.....	106
9: Definición para probabilidad e impactos.....	108
10: Lista de los riesgos identificados.....	110
11: Categorización de los riesgos	112
12: Nivel de prioridad de los riesgos	113
13: Planificación de la respuesta a los riesgos.....	115
14: Evaluación de la investigación	142

INTRODUCCIÓN

Durante la perforación de los hoyos de alto ángulo se pueden presentar problemas operacionales como, por ejemplo, sartas de perforación que quedan atascadas en el hoyo o *liners* que tienen que ser sacados del mismo ya que no llegan a la profundidad esperada. Estos problemas están asociados a mayores costos y tiempos para la construcción de los pozos.

A su vez, actualmente, para muchas empresas a nivel mundial que construyen pozos de alto ángulo, entre las que está PDVSA, muchas de sus decisiones operacionales están basadas solo en la experiencia del personal de perforación.

Con una adecuada metodología de trabajo durante la perforación de estos hoyos se evitaría utilizar una muy alta velocidad de penetración que ocasione problemas operacionales asociados a limpieza del hoyo, así como se evitaría utilizar una velocidad de penetración muy baja que podría alargar innecesariamente el tiempo de construcción del pozo, adicionalmente, se evitaría tomar decisiones basadas solo en la experiencia cuando los problemas se presenten, en lugar de prevenirlos tomando decisiones apoyadas en un análisis que considere parámetros y prácticas operacionales presentes durante la perforación y, a su vez, se evitaría la posibilidad de asociar los problemas que ocurren con causas que en realidad no los originaron y que como consecuencia se apliquen soluciones inadecuadas, resultando que los mismos persistan.

Con base en lo anteriormente planteado, se propuso la formulación de un proyecto que genere una metodología que permita optimizar la perforación y predecir potenciales problemas, para así evitar o disminuir la ocurrencia de los mismos, basada en un análisis que considere parámetros y prácticas operacionales que permita inferir la condición del hoyo durante su perforación, y la misma planteada considerando la optimización de la tasa de penetración, al perforar a una velocidad de penetración óptima y reducir la ocurrencia de problemas operacionales, buscando reducir costos y tiempos de entrega de los pozos.

La formulación del proyecto objeto de este estudio se sustentó en un análisis de documentos (publicaciones, libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló y en gerencia de proyectos, en material de cursos asociados al tema de la investigación y en proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos de PDVSA Intevep), así como también se basó en juicio de expertos, se hizo contacto con personas con experiencia en perforación horizontal de modo de tener una visión más amplia del tema investigado y de evaluar la información recolectada en el análisis de documentos, asimismo, también se apoyó en entrevistas, en la que se estableció contacto directo con personas que se consideró eran fuente de información para el estudio.

La formulación del proyecto realizada se orienta específicamente al establecimiento de los planes asociados a: Gestión del Alcance, Gestión del Cronograma, Gestión de los Costos y Gestión de los Riesgos, así como a estructurar el Plan Detallado de Ejecución. Incluye la definición de estrategias necesarias para transferir al personal del área operacional de PDVSA los conocimientos a desarrollar durante la materialización del proyecto formulado.

Este Proyecto de Trabajo Especial de Grado está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I: El Problema. En él se presenta el planteamiento del problema que se estudió a lo largo de esta investigación, incluyendo el objetivo general, los objetivos específicos, así como la justificación de la investigación y la delimitación de la misma.

Capítulo II: Marco Teórico. En éste se presentan antecedentes de la investigación, se muestran fundamentos teóricos asociados a la Gestión de Proyectos, fundamentos teóricos asociados a la perforación de alto ángulo, bases legales en donde se enmarca esta investigación y definición de términos.

Capítulo III: Marco Metodológico. En él se identifica tipo de investigación, diseño de la misma, unidad de análisis, población y muestra, técnicas e instrumentos de

recolección de datos, fases de la investigación, operacionalización de los objetivos, estructura desagregada de trabajo de la investigación, aspectos éticos, cronograma de la investigación y recursos.

Capítulo IV: Marco Organizacional. Esta investigación se desarrolló en PDVSA Intevep, y en este Capítulo se presenta una breve reseña histórica de esta organización, su misión, visión, valores, objetivos, productos y servicios prestados, estructura organizativa y estructura del departamento donde está enmarcada la investigación.

Capítulo V: Desarrollo de los Objetivos Específicos. En este Capítulo se presenta lo realizado para alcanzar cada uno de los objetivos específicos planteados para esta investigación. En él se definen los estudios previos necesarios para el desarrollo de la metodología, se realiza un diagnóstico de la perforación de hoyos de alto ángulo, se definen las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología, se diseñan los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio, se estructura el plan detallado de ejecución del proyecto y se establecen estrategias para transferir conocimientos, a desarrollar a lo largo de la ejecución del proyecto que se formuló, a personal del área operacional de PDVSA asociado a la perforación de hoyos de alto ángulo.

Capítulo VI: La Propuesta. En éste se presenta lo que se propone luego de haber desarrollado los objetivos específicos de esta investigación.

Capítulo VII: Evaluación del Proyecto. En este Capítulo se evalúa si se alcanzaron los objetivos específicos planteados para esta investigación y se describe de qué manera se buscó alcanzar los mismos. Para cada uno de los objetivos se detalla que técnicas y herramientas se utilizaron para lograrlo, se presenta su porcentaje de cumplimiento y se muestra las lecciones aprendidas que se obtuvieron durante su desarrollo.

Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones. En este Capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó a lo largo de esta investigación.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

En este Capítulo se presenta el planteamiento del problema que se estudió a lo largo de esta investigación, incluyendo el objetivo general, los objetivos específicos, así como la justificación de la investigación y la delimitación de la misma.

1.1 Planteamiento del Problema

Durante la construcción de pozos para producción de petróleo se utilizan equipos de perforación que pueden funcionar bajo diferentes condiciones de operación. Por ejemplo, a modo de ilustrar, durante la perforación se pueden bombear fluidos al hoyo con la intención, entre otras cosas, de sacar del mismo los cortes o ripios que se van generando. El fluido bombeado pudiera tener diferentes características, ser bombeado a diferentes caudales y la sarta de perforación, por la cual el fluido es introducido en el hoyo, pudiera girar a diferentes revoluciones por minuto. A su vez, se podría ir perforando a una velocidad de penetración dada, y esa velocidad de perforación se pudiese incrementar o disminuir durante las operaciones. Por otra parte, la sarta de perforación se pudiese sacar del hoyo bombeando fluido y rotando, o se pudiera sacar sin rotación ni bombeo de fluidos. Los anteriores son solo ejemplos que evidencian que durante las operaciones de perforación se podrían utilizar diferentes parámetros y practicas operacionales.

Por otra parte, en la actualidad, para muchas empresas a nivel mundial que construyen pozos de alto ángulo, entre las que se encuentra PDVSA, muchas de sus decisiones operacionales son basadas solo en la experiencia del personal de perforación.

Con una metodología adecuada, estandarizando las operaciones, se evitaría que se perfore a una muy alta velocidad de penetración, lo que conlleva a generar ripios a una alta tasa, ocasionando que la cama que estos generan en el fondo del hoyo de alto ángulo crezca a niveles tales que los parámetros operacionales requeridos para su limpieza pudieran no ser soportados por la formación que se perfora (especialmente si se está en formaciones no consolidadas) o no puedan

ser alcanzados debido a las limitaciones mecánicas del taladro utilizado. Asimismo, con una metodología adecuada se evitaría utilizar una velocidad de penetración muy baja, con la cual se pudiera estar perforando con camas de ripio manejables para esas condiciones de perforación en particular, sin embargo, esto podría alargar innecesariamente el tiempo de construcción del pozo, con todos los costos asociados que esto implica.

Adicionalmente, el personal de perforación, al no contar con metodologías que permitan predecir los problemas operacionales ni identificar la causa de los mismos, pudiera tomar decisiones basadas solo en la experiencia una vez que los problemas se presentan, en lugar de prevenirlos tomando decisiones basadas en un análisis cuantitativo que considere los parámetros y prácticas operacionales presentes durante la perforación. Cabe resaltar que, los problemas operacionales están asociados a tiempos perdidos y al uso de medidas correctivas que implican tiempo y recursos.

Asimismo, al no contarse con una metodología documentada común de trabajo que ayude a predecir la causa de los problemas operacionales que se presentan durante la perforación, existe la posibilidad de asociar los problemas que ocurren con supuestas causas que en realidad no los originaron, y como consecuencia se apliquen soluciones inadecuadas, resultando que los mismos persistan en ese hoyo y se continúen repitiendo durante la construcción en el futuro de pozos en esa área.

Ante esta situación, se propuso la formulación de un proyecto que genere una metodología que apoyándose en una herramienta computacional, en manuales, y en el seguimiento de valores de parámetros operacionales durante las operaciones de perforación permita optimizar la velocidad de penetración y predecir potenciales problemas, de modo de tomar las decisiones adecuadas para así evitar o disminuir la ocurrencia de los mismos, lo cual conllevaría a una disminución de tiempos y costos para la empresa.

De esta manera, al profundizar en esta área de conocimiento, se evitaría que durante las operaciones el personal de perforación deba tomar decisiones basándose solo en la intuición o en la experiencia y se podría sustentar tales decisiones en un análisis cuantitativo de las variables involucradas en dicha operación.

Es importante destacar que, en distintas partes del mundo existen compañías asesoras que, en el área de la perforación de pozos de alto ángulo, ofrecen servicios de “soporte en taladro”, ofrecen no sólo seguir el desempeño de la perforación sino también dar alertas tempranas de potenciales problemas, utilizando herramientas computacionales que ayudan en el monitoreo de los parámetros operacionales. Así como también proponen asesorías en cuanto a la elaboración de manuales de planificación y de operaciones de perforación de pozos horizontales. La metodología a proponer debe buscar tener las herramientas y conocimientos para dar “soporte en taladro” en operaciones, para de este modo optimizar la perforación.

Lo anterior resalta la importancia, y a la vez la carencia, de este tipo de metodologías de trabajo, herramientas computacionales y manuales para muchas empresas dedicadas a la construcción de hoyos de alto ángulo a nivel mundial.

Por otra parte, existe un aspecto de mucha importancia que es la comprensión por parte de los profesionales de perforación del comportamiento del flujo de saltación, del transporte de ripios en el hoyo, lo cual permitiría un mejor entendimiento de la limpieza de hoyos horizontales y conllevaría a tomar decisiones basadas en un conocimiento teórico más amplio. Por lo que es necesario que, adicional al desarrollo de la metodología a proponer se realicen estudios que permitan profundizar en esta área de conocimiento.

También es importante considerar para el desarrollo de la metodología que en la perforación de pozos por parte de PDVSA participa una gran cantidad de departamentos de la misma Corporación, así como empresas de servicios, y adicionalmente existen operaciones que se realizan bajo la figura de empresas

mixtas, lo cual presenta un escenario bastante amplio en cuanto a culturas y maneras de perforar los pozos.

1.1.1 Formulación del Problema

En virtud de lo anterior, la presente investigación se orientó a buscar responder la siguiente interrogante:

- ¿Cuáles son los requisitos y planes necesarios para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela?

1.1.2 Sistemización del Problema

Las siguientes preguntas contribuyeron a comprender los aspectos implicados en la interrogante general presentada en la formulación del problema:

- ¿Qué estudios serán necesarios, como punto de partida, para el desarrollo de la metodología a proponer?
- ¿Cómo se realiza actualmente la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos petroleros en Venezuela?
- ¿Qué tipo de herramienta computacional y manuales serán necesarios para la implantación de la metodología a proponer?
- ¿Cuáles son las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología a proponer, que incluya herramienta computacional y manuales que sean necesarios?
- ¿Cómo entrelazar todas las actividades necesarias para el desarrollo de la metodología?
- ¿Cómo transferir los conocimientos a desarrollar, durante la ejecución del proyecto que se formuló en esta investigación, a personal del área

operacional de PDVSA para que ellos mismos puedan aplicar en sus operaciones la metodología a proponer?

1.2 Objetivos

A continuación, se plantea tanto el Objetivo General como los Objetivos Específicos de la presente investigación.

1.2.1 Objetivo General

- Formular un proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela que sea atractivo para su implementación y masificación.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Definir los estudios previos necesarios para el desarrollo de la metodología a proponer.
- Diagnosticar cómo se realiza la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos petroleros actualmente en Venezuela.
- Definir las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología, que busque ser atractiva para los involucrados, incluyendo manuales y herramienta computacional necesaria para su implementación.
- Diseñar los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio.
- Estructurar el plan detallado de ejecución del proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela.
- Definir que estrategias son necesarias para transferir a personal del área operacional de PDVSA los conocimientos que se desarrollen durante la materialización del proyecto que en esta investigación se formula.

1.3 Justificación de la Investigación

Durante la construcción de los hoyos de alto ángulo se pueden presentar problemas operacionales tales como, por ejemplo, pegas de tubería (imposibilidad de subir o bajar la sarta de perforación en el hoyo), colgamiento de la tubería (dificultad para bajar la misma en el hoyo), entre otros, con el riesgo de perder el hoyo ya perforado, para cuya construcción fue necesaria la utilización de tiempo y recursos.

En ocasiones estos problemas puede que no sean asociados con las causas de los mismos, por falta de un adecuado seguimiento de las operaciones y por falta de conocimiento. Lo anterior origina que al ser abordados de manera inadecuada éstos se sigan presentando durante la perforación de ese hoyo, y al no ser tomadas las medidas requeridas éstos se sigan presentando en los siguientes pozos que se construyan en esa área.

Los costos para PDVSA causados por este tipo de problemas, y que podrían ser mitigados con la implementación de la metodología a proponer durante el desarrollo del proyecto que será formulado en esta investigación, están generalmente asociados a:

- Sartas de perforación que quedan atascadas en fondo de pozo, debido al desconocimiento de las condiciones del hoyo durante su perforación.
- Uso de prácticas correctivas como lo es el bombeo de píldoras (bombeo en el hoyo de volúmenes definidos de fluidos con características específicas que buscan respuestas favorables en las condiciones del mismo), que adicional a su costo pudieran tener impacto negativo en la productividad de los pozos.
- Revestidores o *liners* que tienen que ser sacados del hoyo ya que no llegan a la profundidad esperada, debido a una inadecuada limpieza del mismo.

- Incremento de los tiempos de construcción de los pozos debido al uso de prácticas como lo es el sacar la sarta de perforación del hoyo en *backreaming*, por ejemplo, que consiste en sacar la misma con rotación y bombeando fluido de perforación, lo cual conlleva a operaciones más lentas.

Estos problemas están asociados a tiempos y costos que pueden ser reducidos por medio de un adecuado seguimiento de la perforación y una adecuada interpretación en tiempo real de los parámetros involucrados en estas operaciones, apoyándose en la metodología que se propone desarrollar siguiendo el proyecto que se formuló en esta investigación.

Adicionalmente, con la ejecución del proyecto que se formuló en esta investigación y la masificación de los productos resultantes se buscaría que PDVSA se fortalezca en esta área en cuanto a metodologías de trabajo y conocimiento, pudiendo incluso considerarse la posibilidad de exportación de la metodología. Lográndose este objetivo, esta empresa estaría en la capacidad de asesorar, entrenar e implementar los productos desarrollados, en otras empresas involucrados en la perforación de pozos de alto ángulo en otros países.

La masificación de los productos resultantes del proyecto formulado en esta investigación escapa del alcance del mismo.

1.4 Alcance y Delimitaciones de la Investigación

A continuación, se presenta una serie de delimitaciones de esta investigación.

- Esta investigación se orientó únicamente a la formulación de un proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela.
- La formulación del proyecto realizada se limitó al establecimiento de los planes asociados a: Gestión del Alcance, Gestión del Cronograma, Gestión de los Costos y Gestión de los Riesgos, así como a estructurar el Plan

Detallado de Ejecución. Incluyó la definición de estrategias necesarias para transferir al personal del área operacional de PDVSA los conocimientos a desarrollar durante la materialización del proyecto formulado.

- El proyecto formulado se enfoca únicamente a la perforación de arenas no consolidadas como las presentes en la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO). Esto debido a que esa región es de importancia estratégica para PDVSA ya que es donde se encuentran las mayores reservas de crudo de la nación.
- La metodología y la herramienta computacional a desarrollar en el proyecto formulado deben operar con las tecnologías y equipos disponibles, en la actualidad, por parte de PDVSA en sus operaciones de perforación. Esto, buscando sean atractivas para los involucrados para su implementación y masificación. Se tiene previsto que en un segundo proyecto, que escapa del alcance de esta investigación, se busque facilitar el proceso de “soporte en taladro” proponiendo las tecnologías y equipos necesarios y se realicen estudios ya sean experimentales o numéricos asociados al flujo de saltación (transporte de ripios) en hoyos de alto ángulo.
- La optimización considerada en el proyecto formulado se limita a la adecuada selección de valores de parámetros operacionales y a la adecuada realización de prácticas operacionales durante la perforación de los hoyos horizontales, con la intención de optimizar la velocidad de perforación y de evitar problemas operacionales.
- La masificación de los productos resultantes del proyecto formulado escapa del alcance del mismo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Como marco de referencia para esta investigación, asociada a formulación de proyectos, en este Capítulo se presentan antecedentes, fundamentos teóricos, bases legales y definición de términos.

2.1 Antecedentes

A continuación, se presenta una serie de antecedentes, que aportarán una visión más amplia de aspectos que fueron necesarios desarrollar durante esta investigación.

- Pérez (2012) en su Trabajo Especial de Grado: **Formulación de un Plan para la Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software en Banco Activo** para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos, diagnosticó la situación actual de las áreas de desarrollo de SW, caracterizando su nivel de madurez en cuanto a capacidad y progreso de sus procesos, se identificaron técnicas para soportar la calidad del trabajo, finalmente se documentaron los Planes de Gestión para Desarrollo de Software. Esta investigación aportó una visión general de la formulación de un proyecto, que puede ser adaptable a otro tipo de requerimiento, independientemente del tipo de proyecto, por ende fue de utilidad para el tema de estudio. Palabras clave: gestión de proyectos de software, metodologías de desarrollo de software, banca, plan de gestión.
- Thompson, Wilkes, Marland (2015) en su publicación: ***A Case History from Three High-angle Wells in Austria*** preparada para ser presentada en la SPE Western Regional Meeting en California, presentan, para el caso analizado, los resultados de mejoras en las operaciones, en la optimización de las propiedades del fluido de perforación así como los ahorros debido a una adecuada limpieza del hoyo. Esta publicación ofreció elementos para determinar actividades necesarias de realizar durante la ejecución del proyecto que fue formulado en esta investigación. Palabras clave: *drilling, high-angle wells, hole-cleaning, cuttings*.

- Silva (2008) en su Trabajo Especial de Grado **Propuesta de una Metodología para la Formulación de Proyectos en la Unidad de Proyectos Especiales Modernización de Aeropuerto y Gestión de Transito Aéreo (MAGTA) del INAC, con Base en el PMBOK** para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos, propuso una metodología para la formulación de proyectos. A partir de esa investigación, se amplió la visión en lo referente a metodologías asociadas a formulación de proyectos, aplicando las mejores prácticas del PMI con base en la guía del PMBOK. Palabras clave: metodología, formulación, proyecto.
- Conran (2008) en su artículo **Horizontal and Complex-Trajectory Wells** publicado en la revista Journal of Petroleum Technology (JPT), publicación oficial de *The Society of Petroleum Engineers* (SPE), presenta un estudio del efecto de la rotación de la tubería de perforación en la limpieza de hoyos utilizando fluidos de perforación base agua en pozos horizontales y desviados. Esta publicación ofreció elementos que permitieron determinar actividades y estudios que serán necesarios realizar durante la ejecución del proyecto formulado en esta investigación. Palabras clave: *drilling, hole cleaning, horizontal well*.
- Guerra (2009) en su Trabajo Especial de Grado **Formulación de un Plan de Aseguramiento de la Calidad para los Proyectos de Construcción de Salas de Resonancia Magnética en Hospitales Tipo IV adscritos al Ministerio del Poder Popular para la Salud** para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos, desarrolla la formulación de un plan de aseguramiento de la calidad. Esta investigación aportó una visión de la formulación de un proyecto, que puede ser adaptable a otro tipo de requerimiento, independientemente del tipo de proyecto, por ende fue de utilidad para el tema de estudio. Palabras clave: plan, aseguramiento de la calidad, sala de resonancia, hospitales.

2.2 Fundamentos Teóricos

Los fundamentos teóricos son presentados en dos partes, inicialmente se mostrarán los referidos a gestión de proyectos y luego los asociados a perforación de hoyos de alto ángulo.

2.2.1 Fundamentos teóricos asociados a Gestión de Proyectos

A lo largo de esta sección se presentan aspectos teóricos, asociados a la gestión de proyectos, que sirvieron como fundamento para el desarrollo de esta investigación.

Proyecto

De acuerdo con Chamoun (2002), un proyecto se define como “un conjunto de esfuerzos temporales, dirigidos a generar un producto o un servicio único”. A su vez, Baca (2001) indica que “Descrito en forma general, un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver, entre muchas, una necesidad humana”.

Proyecto de inversión

Un proyecto es de inversión, según Blanco (2001), cuando está destinado a producir un bien o servicio que debe ser útil al ser humano, o a la sociedad en general, por lo que tiene que satisfacer sus múltiples necesidades en forma eficiente teniendo en cuenta los escasos recursos de que dispone. Para lograrlo es preciso que se le asigne un monto determinado de capital y se le proporcionen insumos de varios tipos.

Su evaluación tiene por objeto conocer su rentabilidad económica, social y financiera de manera tal que se asegure la resolución de necesidades humanas en forma eficiente, segura y rentable.

Formulación de Proyectos

A continuación, se presentan aspectos teóricos asociados a la formulación de proyectos. Estos aspectos son establecidos según Chain (1993).

No cabe duda que hoy en día la preparación y evaluación de proyectos cumple un papel de primera importancia entre los agentes económicos responsables de decidir acerca de la asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión.

La importancia que se ha dado al estudio de proyectos ha originado que hasta ahora se hayan escrito muchos textos sobre la evaluación de inversiones. Sin embargo, son muy pocos, o casi ninguno, los que se preocupan de lo que se estima más determinante en la efectividad de un estudio de esta naturaleza: su etapa previa de formulación y preparación del proyecto.

Al formular cualquier proyecto de inversión se requerirá generalmente de un trabajo interdisciplinario que obligará al jefe del proyecto a mantener preocupación y una dedicación especial – a la vez más profunda – por lograr la mayor coherencia de los antecedentes proporcionados por especialistas de muy diversas áreas, para llegar a estructurar un proyecto que mantenga, en la etapa de formulación, un equilibrio armónico entre todas sus partes. En el hecho de no hacerlo así radica comúnmente el primer error frecuente de las evaluaciones.

Así, entonces, al preparar un proyecto será preciso efectuar una serie de estimaciones de lo que se espera sean a futuro los beneficios y costos que se asocien a su operación, lo que requerirá que previamente se tomen un sinnúmero de decisiones respecto a casi la totalidad de las características que debiera tener el proyecto, las cuales influirán directamente sobre el resultado de su evaluación.

Decisiones típicas a este respecto son, por ejemplo, las relativas a si la empresa que crearía el proyecto deberá elaborar o comprar sus insumos, si deberá arrendar o comprar las obras físicas en las que se localizará la operación, si deberá usar una tecnología intensiva en capital u otra intensiva en mano de obra, si deberá hacer el transporte en medios propios o ajenos, si deberá funcionar en una o más plantas, si deberá implementar sistemas manuales o mecanizados de información, si deberá contratar segundos turnos u optar por remunerar sobre tiempos, etc.

Procesos de la Gerencia de Proyectos

A continuación, se muestran aspectos teóricos asociados a los procesos en la gerencia de proyectos. Estos aspectos son establecidos según Palacios (2005).

La conducción de los proyectos se realiza mediante una serie de procesos, definidos según el enfoque sistémico como la aplicación de herramientas y técnicas a un elemento de entrada, con el objeto de obtener una salida de mayor valor agregado.

Entradas: Son insumos requeridos para efectuar el proceso.

Herramientas y Técnicas: Son mecanismos y procedimientos que se aplican sobre las entradas para producir salidas.

Salidas: Son los resultados o entregables del proceso.

Dirección de Proyectos

La dirección de proyectos, según lo establecido por el PMI (2017), es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los procesos de dirección de proyectos identificados para el proyecto.

Esta dirección permite a las organizaciones ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente.

Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos

De acuerdo a lo establecido por el PMI (2017), un grupo de procesos de la dirección de proyectos es un agrupamiento lógico de procesos para alcanzar objetivos específicos del proyecto. Los grupos de procesos son independientes de las fases del proyecto.

Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en los siguientes cinco grupos de procesos de la dirección de proyectos:

- 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.

Áreas de Conocimiento

Además de los grupos de procesos, de acuerdo a lo establecido por el PMI (2017), los procesos también se pueden categorizar por áreas de conocimiento.

Un área de conocimiento es un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de los procesos, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen.

Si bien las áreas de conocimiento están interrelacionadas, se definen separadamente de la perspectiva de la dirección de proyectos. Las diez áreas de conocimiento identificadas por el PMI se utilizan en la mayoría de los proyectos, la mayoría de las veces.

Las diez áreas de conocimiento descritas por el PMI son:

- 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.
- 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.
- Gestión del cronograma del proyecto. Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.
- Gestión de los costos del proyecto. Incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.
- Gestión de la calidad del proyecto. Incluye los procesos para 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 las expectativas de los interesados.
- Gestión de los recursos del proyecto. Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto.
- Gestión de las comunicaciones del proyecto. Incluye los procesos requeridos para garantizar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.
- 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.

- 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.
- Gestión de los interesados del proyecto. Incluye los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados 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.

Las necesidades de un proyecto específico pueden requerir una o más áreas de conocimiento adicionales, por ejemplo, la construcción puede requerir gestión financiera o gestión de seguridad y salud.

La Figura 1 muestra la correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos. Esta figura es una descripción general de los procesos básicos descritos con detalle en el PMI (2017).

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	

Figura 1. Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento

Fuente: PMI (2017)

A continuación, se analizan las áreas de conocimiento consideradas en esta investigación.

Gestión del Alcance del Proyecto

La gestión del alcance del proyecto, según lo planteado por el PMI (2017), 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.

Los procesos de gestión del alcance del proyecto son:

- 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 producto.
- 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.
- Definir el alcance—Es el proceso de desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.
- Crear la EDT/WBS—Es el proceso de subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.
- Validar el alcance—Es el proceso de formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se hayan completado.
- 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.

La Figura 2 proporciona una descripción general de los procesos de gestión del alcance del proyecto. Los procesos de gestión del alcance del proyecto se presentan como procesos diferenciados con interfaces definidas, aunque en la práctica se superponen e interactúan entre ellos de formas que no son detalladas en su totalidad dentro del PMI (2017).

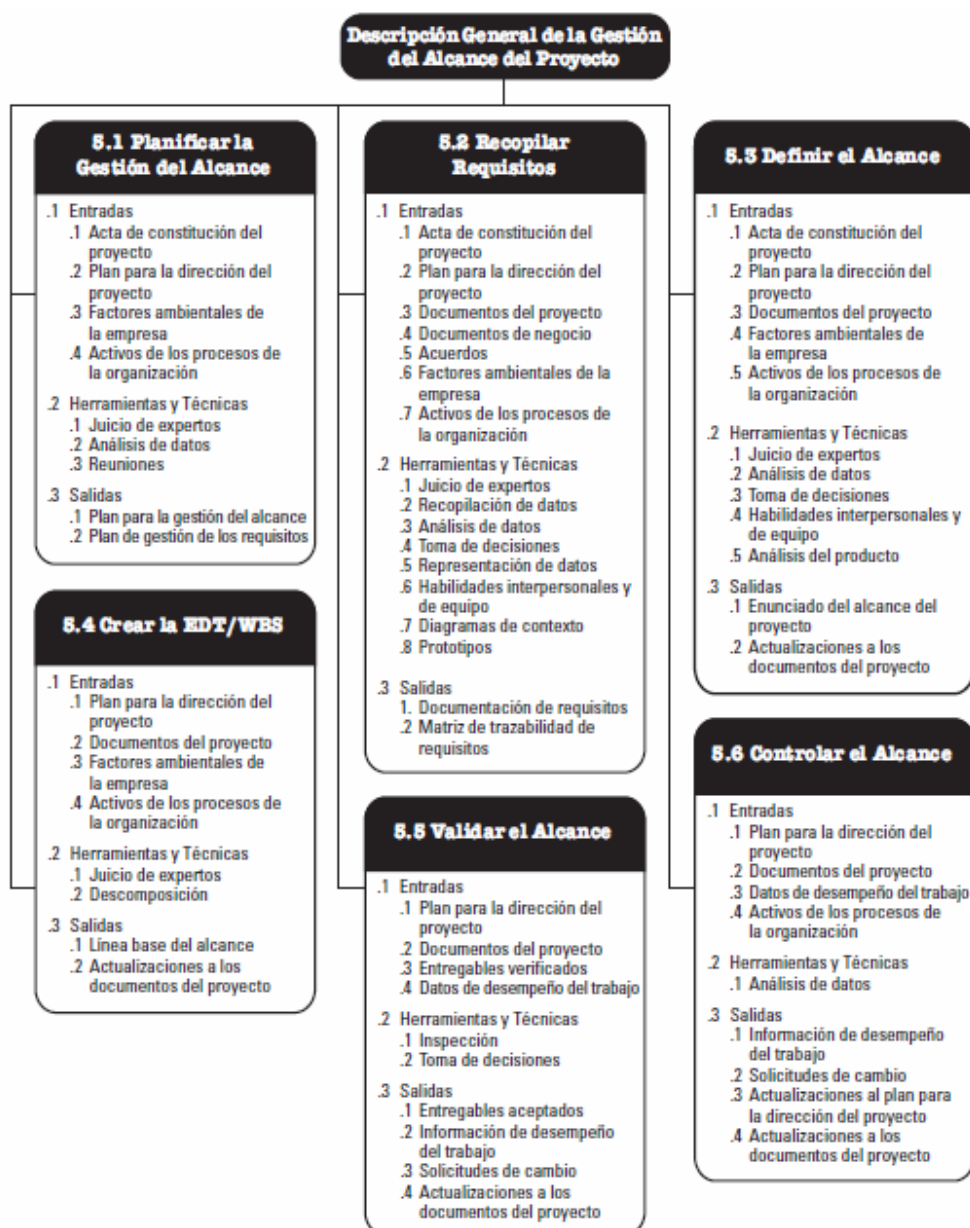


Figura 2. Descripción general de la gestión del alcance del proyecto

Fuente: PMI (2017)

Gestión del Cronograma del Proyecto

La gestión del cronograma del proyecto, según lo indicado por el PMI (2017), incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo. Los procesos de gestión del cronograma del proyecto son:

- 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.
- Definir las actividades—Es el proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto.
- Secuenciar las actividades—Es el proceso de identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto.
- 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.
- 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.
- 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 del cronograma.

La Figura 3 brinda una descripción general de los procesos de gestión del cronograma del proyecto. Los procesos de la gestión del cronograma del proyecto se presentan como procesos diferenciados con interfaces definidas, aunque en la práctica se superponen e interactúan entre ellos de formas que no son detalladas en su totalidad dentro del PMI (2017).

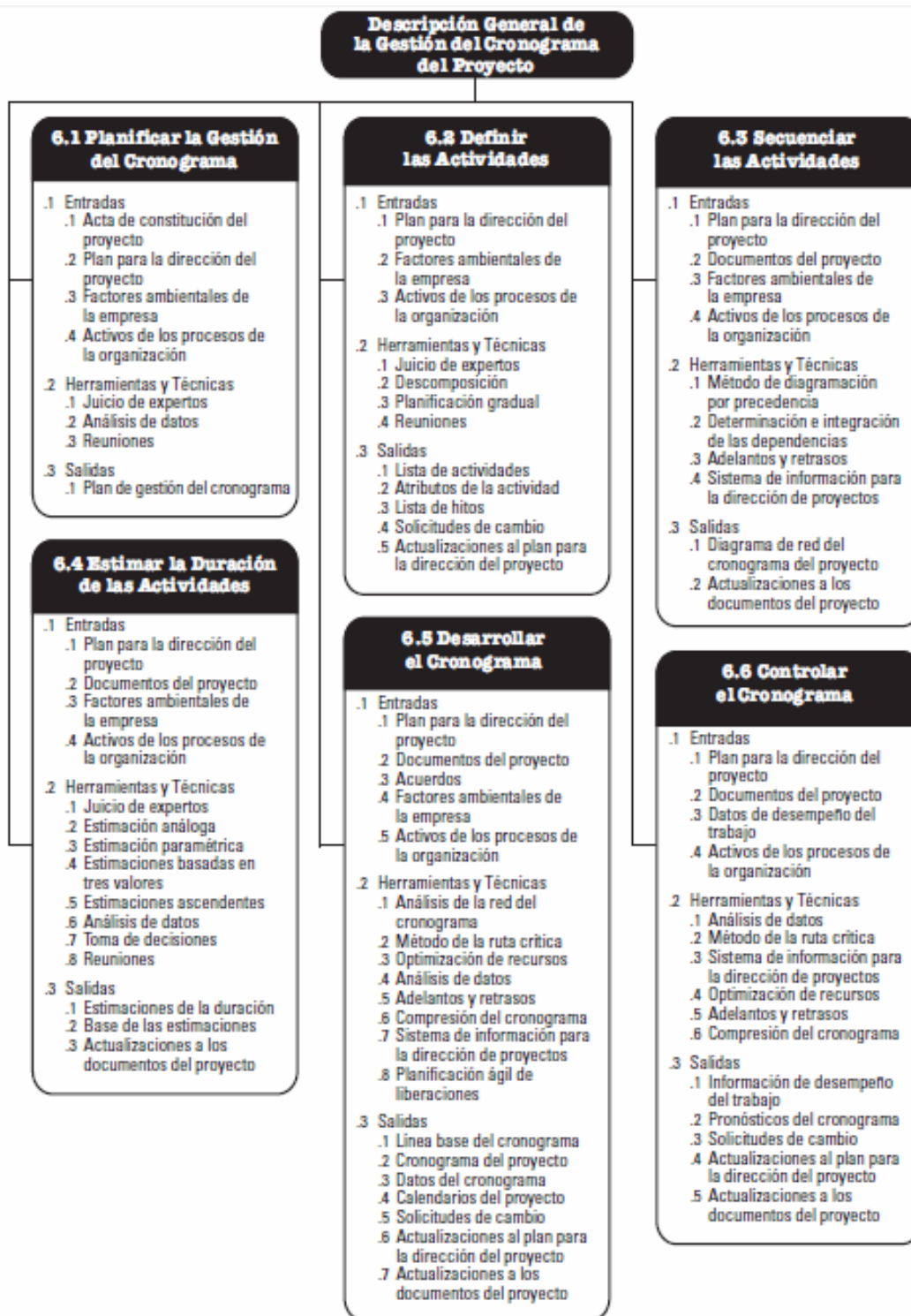


Figura 3. Descripción general de la gestión del cronograma del proyecto

Fuente: PMI (2017)

Gestión de los Costos del Proyecto

La gestión de los costos del proyecto, según lo establecido por el PMI (2017), incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. Los procesos de gestión de los costos del proyecto son:

- Planificar la gestión de los costos—Es el proceso de definir cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto.
- Estimar los costos—Es el proceso de desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar el trabajo del proyecto.
- 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.
- 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.

La Figura 4 brinda una descripción general de los procesos de gestión de los costos del proyecto. Los procesos de la gestión de los costos del proyecto se presentan como procesos diferenciados con interfaces definidas, aunque en la práctica se superponen e interactúan entre ellos de formas que no son detalladas en su totalidad dentro del PMI (2017). Estos procesos interactúan entre sí y con procesos de otras áreas de conocimiento.

En algunos proyectos, especialmente en aquellos de alcance más reducido, la estimación de costos y la preparación del presupuesto en términos de costos están tan estrechamente ligadas que se consideran un solo proceso, que puede realizar una única persona en un período de tiempo relativamente corto. Aquí se

presentan como procesos distintos debido a que las herramientas y técnicas requeridas para cada uno de ellos son diferentes. Debido a que la capacidad de influir en los costos es mucho mayor en las primeras etapas del proyecto, la definición temprana del alcance del proyecto se revela como una tarea crítica.

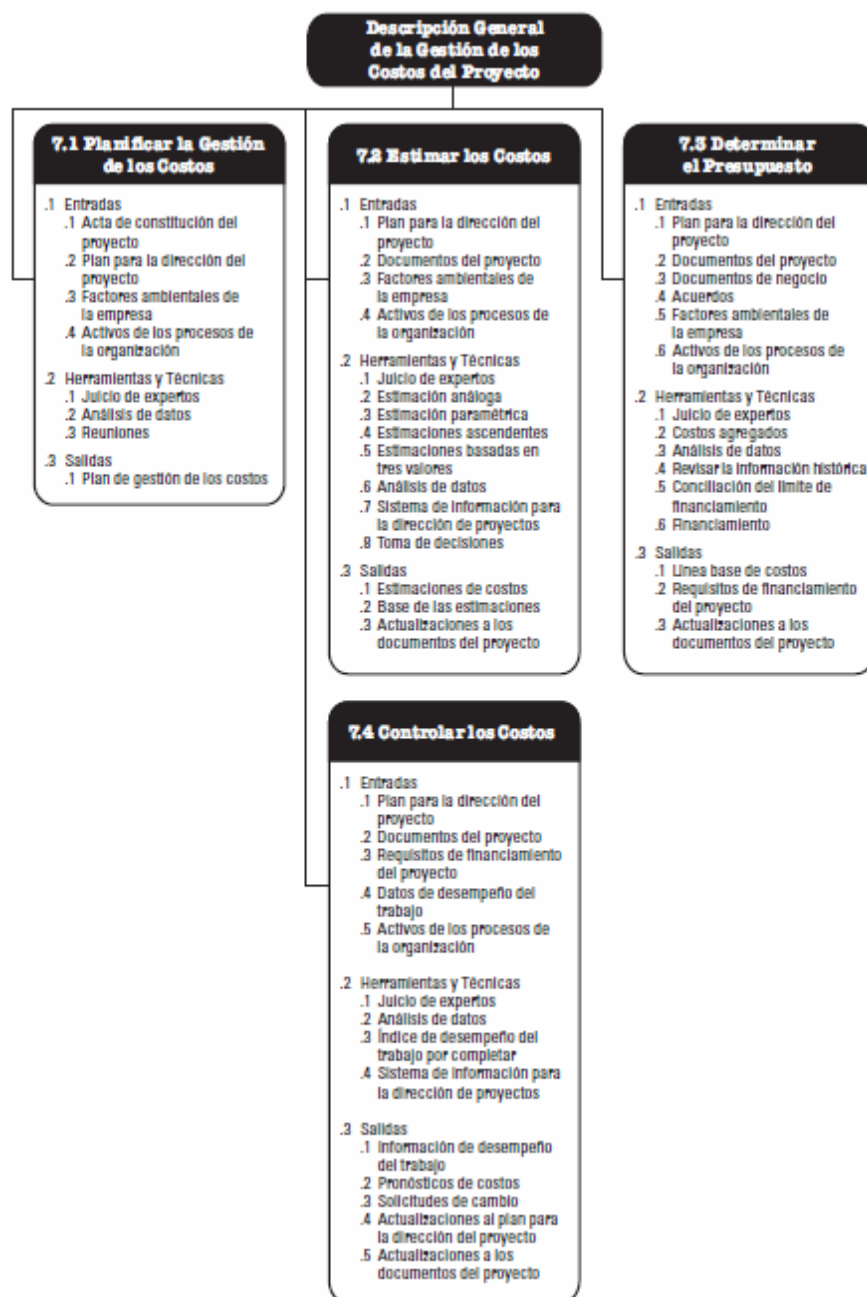


Figura 4. Descripción general de la gestión de los costos del proyecto

Fuente: PMI (2017)

Gestión de los Riesgos del Proyecto

De acuerdo a lo planteado por el PMI (2017), la 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.

Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto son 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.

Los procesos de gestión de los riesgos del proyecto son:

- Planificar la gestión de los riesgos—El proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.
- 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.
- 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.
- Realizar el análisis cuantitativo de riesgos—El proceso de analizar numéricamente el efecto combinado de los riesgos individuales del proyecto identificados y otras fuentes de incertidumbre sobre los objetivos generales del proyecto.
- 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.

- Implementar la respuesta a los riesgos—El proceso de implementar planes acordados de respuesta a los riesgos.
- 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.

La Figura 5 muestra una descripción general de los procesos de gestión de los riesgos del proyecto. Los procesos de gestión de los riesgos del proyecto se presentan como procesos diferenciados con interfaces definidas, aunque en la práctica se superponen e interactúan entre ellos de formas que no son detalladas en su totalidad dentro del PMI (2017).



Figura 5. Descripción general de la gestión de los riesgos del proyecto

Fuente: PMI (2017)

Evaluación de Proyectos y sus Alcances

De acuerdo con Baca (2001), se distinguen tres niveles de profundidad en un estudio de evaluación de proyectos.

Al más simple se le llama perfil, gran visión o identificación de la idea, el cual se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la opinión que da la experiencia. En términos monetarios solo presenta cálculos globales de las inversiones, los costos y los ingresos, sin entrar a investigaciones de terreno.

El siguiente nivel se denomina estudio de prefactibilidad o anteproyecto. Este estudio profundiza la investigación en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión.

El nivel más profundo y final es conocido como proyecto definitivo. Contiene básicamente toda la información del anteproyecto, pero aquí son tratados los puntos finos. Aquí no solo deben presentarse los canales de comercialización mas adecuados para el producto, sino que deberá presentarse una lista de contratos de venta ya establecidos; se deben actualizar y preparar por escrito las cotizaciones de la inversión, presentar los planos arquitectónicos de la construcción, etc. La información presentada en el proyecto definitivo no debe alterar la decisión tomada respecto a la inversión, siempre que los cálculos hechos en el anteproyecto sean confiables y hayan sido bien evaluados.

Partes generales de la Evaluación de Proyectos

De acuerdo con Baca (2001), aunque cada estudio de inversión es único y distinto a todos los demás, la metodología que se aplica en cada uno de ellos tiene la particularidad de poder adaptarse a cualquier proyecto. Asimismo, indica que la estructura general de la metodología de evaluación de proyectos incluye análisis de mercado, análisis técnico operativo, análisis económico financiero y análisis socio económico.

A su vez, Blanco (2001) establece que la estructura general de un estudio de factibilidad incluye estudio de mercado, estudio técnico y estudio económico financiero.

2.2.2 Fundamentos teóricos asociados a Perforación de Alto Ángulo

Durante el desarrollo de este punto se presenta una serie de recomendaciones referidas a parámetros y prácticas operacionales a utilizar durante la perforación de hoyos de alto ángulo. Esta información está basada en recomendaciones propuestas por empresas que dan asesorías y cursos asociados a este tipo de perforación, específicamente K&M Technology Group (2003, 2013) y Merlin ERD (2012), siendo mucha de la información que se muestra fundamentada en la experiencia operacional de empresas internacionales relacionadas a la perforación de pozos de alcance extendido.

Cabe señalar que, siempre es necesario verificar que las recomendaciones sean realizables con las herramientas y equipos disponibles en el área de estudio, y que éstas puedan ser aplicadas considerando las características específicas de las formaciones que se perforarán.

Limpieza de hoyo

Primeramente, es importante destacar que, durante la construcción de pozos de alto ángulo los ripios se comportan de manera diferente dependiendo del ángulo del hoyo. En la Figura 6 se puede visualizar la diferencia en estos comportamientos.

Esta sección se enfocará a la limpieza de hoyos con alto ángulo, donde camas de ripio pueden estar presentes.



Figura 6. Comportamiento de los ripios dependiendo del ángulo del hoyo

Fuente: K&M Technology Group (2013)

Asimismo, es importante recordar que el flujo laminar es una situación común durante la perforación (el flujo turbulento estaría limitado a tamaños de hoyos pequeños, con flujos de baja viscosidad, y en ese caso el análisis sería distinto), por lo que en esta sección se considerará flujo laminar.

Por otra parte, esta sección inicialmente se enfocará en tamaños de hoyos mayores a 8 ½" (como por ejemplo 12 ¼"), este comportamiento puede cambiar para hoyos de 8 ½" como se verá mas adelante.

Adicionalmente, se considerará que los ripios son discretos, están separados, ya que las predicciones son muy difíciles si no se tiene inhibición.

Efecto de la rotación de la sarta de perforación:

En un ambiente de flujo laminar, el flujo viaja a mayor velocidad a lo largo de la parte superior del hoyo. En la Figura 7 el área rosada representaría la parte del hoyo en la que el flujo se mueve a mayor velocidad.

La rotación es un factor clave para la eficiencia de la limpieza en hoyos de alto ángulo, ya que por efecto de la gravedad la tubería de perforación y los ripios descansarán en el fondo del hoyo, y el área de flujo activa estará en la parte superior del mismo, por lo que se requiere agitación para poner los ripios dentro del flujo que se mueve a mayor velocidad.

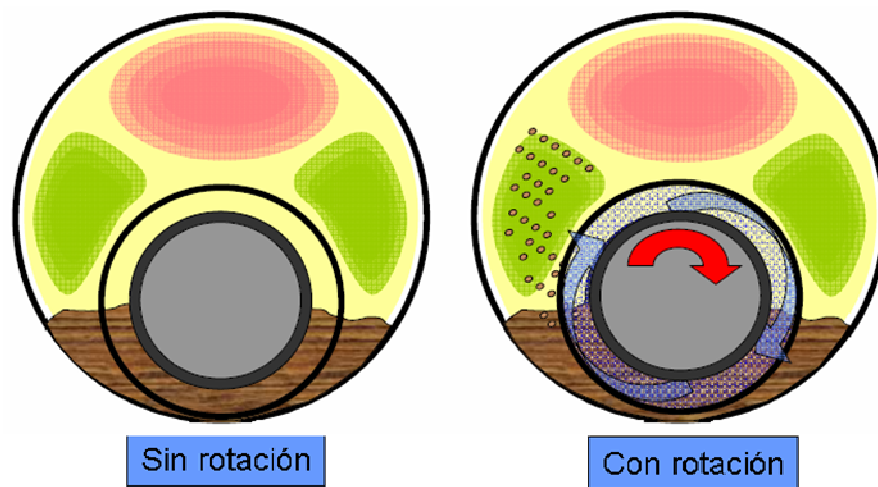


Figura 7. Efecto de rotación de sarta en limpieza de hoyos de alto ángulo
Fuente: K&M Technology Group (2013)

En realidad no es la rotación de la tubería (ni de los *tooljoints*) lo que influye en la limpieza del hoyo, es la agitación producida por la “película” de fluido rotando alrededor de ésta; esta película es llamada “acople viscoso”.

Adicionalmente, es importante resaltar que la rotación por sí sola no es suficiente, lo importante es la magnitud de la velocidad de rotación, como se puede observar en la Figura 8.

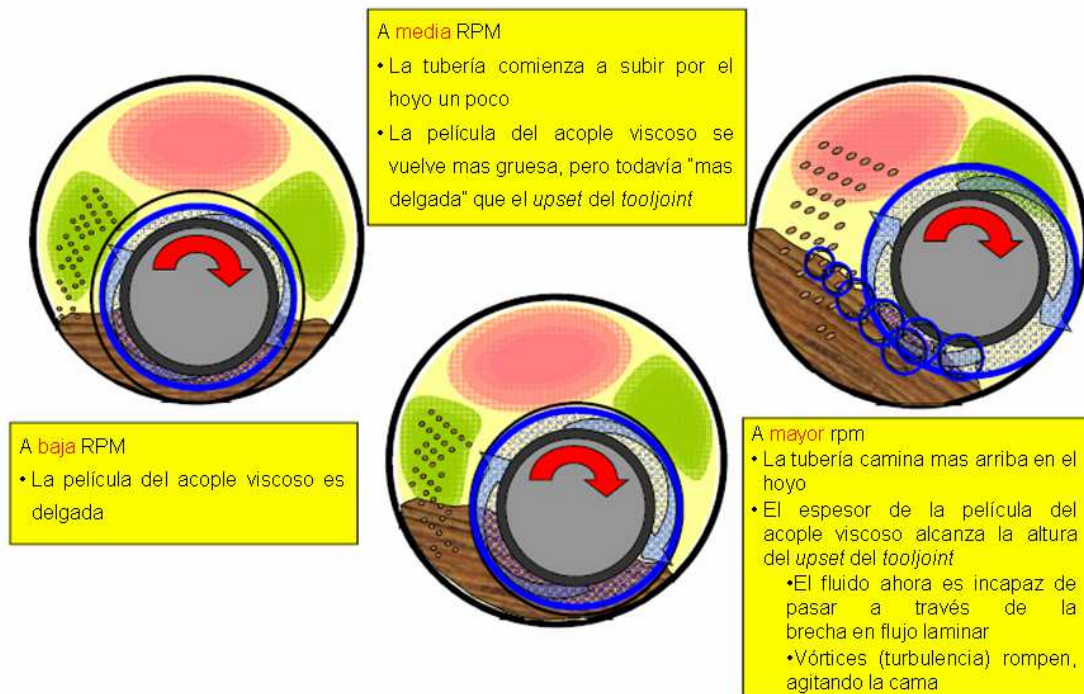


Figura 8. Velocidad de rotación de sarta en limpieza de hoyos de alto ángulo
Fuente: K&M Technology Group (2013)

La velocidad de rotación necesaria para una adecuada limpieza depende de la relación entre los tamaños del hoyo y de la tubería de perforación. Primeramente, es necesario conocer si se está en un ambiente de "hoyo pequeño" o en un ambiente de "hoyo grande", ya que habrá diferencias dependiendo del tipo de ambiente en el que se encuentre el caso en estudio. Para conocer en cual ambiente se está, existe una regla práctica, conocida como la relación de área hoyo-tubería, (P-HAR, por sus siglas en inglés), la cual se muestra en la siguiente ecuación:

$$P-HAR = R_h^2 \div R_p^2 \quad (1)$$

Donde:

$P\text{-HAR}$ = Relación de área hoyo-tubería (adimensional).

R_h = Diámetro del hoyo (pulgadas).

R_p = Diámetro de la tubería (pulgadas).

Para esta ecuación, se considera que:

- Sí el $P\text{-HAR}$ es mayor a 3.25, se está en un “hoyo grande”.
- Sí el $P\text{-HAR}$ es menor a 3.25, se está en un “hoyo pequeño”.

Una vez que se conoce el valor del $P\text{-HAR}$ para el caso en estudio, considerar para el diseño preliminar de pozos de alto ángulo lo siguiente en cuanto a velocidad de rotación de la sarta:

$P\text{-HAR}$	>6.5	>120 rpm mínimo	180 rpm ideal
$P\text{-HAR}$	3.25-6.5	>120 rpm mínimo	
$P\text{-HAR}$	<3.25	60-70 rpm mínimo	120 rpm ideal

Efecto del caudal:

Sí el caudal no es suficiente, los ripios puestos en movimiento por la agitación producida por la rotación de la sarta de perforación no llegan al flujo que se mueve a mayor velocidad en la parte superior del hoyo, como se muestra en la Figura 9.

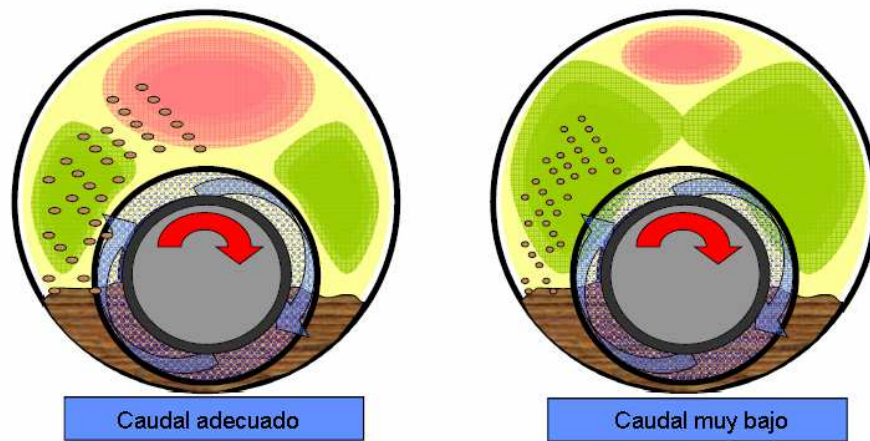


Figura 9. Efecto del caudal en la limpieza de hoyos de alto ángulo

Fuente: K&M Technology Group (2013)

Para el caso de pozos de alto ángulo, se plantean como referencia durante la etapa de planificación lo siguiente en cuanto a velocidades anulares:

200 ft/min (1.00 m/s) Ideal

150 ft/min (0.75 m/s) Mínimo (para la limpieza eficiente del hoyo)

Efecto de la reología:

De acuerdo a las referencias bibliográficas consultadas, el fluido en el anular es sometido a bajas tasas de corte, por lo que las lecturas en el viscosímetro a 3 y 6 rpm lo representan mejor a efectos de limpieza que, por ejemplo, un punto de cedencia, el cual es estimado con las lecturas de 300 y 600 rpm.

Para hoyos menores a 12 ¼", teniendo como prioridad la limpieza de éste, el rango recomendado para las lecturas de 3 y 6 rpm sería el siguiente:

- Lectura de 6 rpm = 1,1 a 1,2 x tamaño del hoyo en pulgadas.
- Lectura de 3 rpm ~ lectura de 6 rpm – 1.

Sí la gerencia de la densidad equivalente de circulación (*equivalent circulating density*, ECD) fuese prioridad, se podría evaluar utilizar lecturas de 3 y 6 rpm menores a las recomendadas previamente (en ese caso, tratar de que estas lecturas no sean menores a 0,8 veces el tamaño del hoyo en pulgadas), pero decrecería la eficiencia en la limpieza de hoyo.

Viajes y repaso (*backreaming*)

Ensamblaje de fondo problemáticos durante viajes:

El hoyo podría no estar limpio, por lo que el diseño del ensamblaje de fondo debe ser tal que permita que los ripios fluyan alrededor de él durante los viajes. Solo se necesita un componente mal seleccionado para hacer al ensamblaje de fondo problemático durante los viajes.

El área de desalojo (*junk-slot-area*, JSA) y la tortuosidad de desalojo (*junk-slot-tortuosity*) son prioridades clave para el diseño del ensamblaje de fondo. En la Figura 10 se visualiza este concepto.

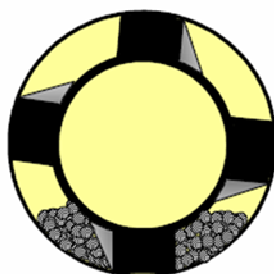
Es importante destacar que, las mechas de cuerpo de acero tienen una JSA más grande que las de matriz de carburo de tungsteno, por lo que son más adecuadas para perforar hoyos horizontales. Adicionalmente, se debe tratar de reemplazar componentes altamente tortuosos. Y también, tratar de reemplazar estabilizadores de manga (*sleeve stabilizers*) por estabilizadores integrales (*integral blade stabilizers*).



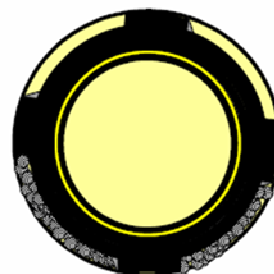
12 ¼", mecha de cuerpo de matriz,
6 *blade*, 36.2 in² JSA (33 %)



12 ¼", mecha de cuerpo de acero,
6 *blade*, 54.3 in² JSA (46 %)



Como un estabilizador integral
ve un hoyo de 12 ¼"
(OD del cuerpo 8")



Como un estabilizador de manga
ve un hoyo de 12 ¼"
(OD del cuerpo 10 ½")

Figura 10. Diferentes componentes del ensamblaje de fondo
Fuente: K&M Technology Group (2013)

Limpieza del hoyo antes de los viajes:

El hoyo debe ser limpiado previo a los viajes. El tiempo de limpieza del hoyo dependerá entre otras cosas de: longitud del hoyo, caudal, velocidad de rotación de la sarta, inclinación, tamaño del hoyo y reología del fluido de perforación.

Durante la limpieza, se debe rotar la sarta a la velocidad requerida durante la perforación, en caso contrario los ripios no llegarán a la zona del hoyo donde el flujo se mueve a mayor velocidad, que corresponde a la parte alta del mismo, tal como se explicó previamente.

Además, es importante cuantificar la cantidad de ripios (kg/hr) que llegan a las zarandas.

Viajes de sacada:

Se recomienda, sacar del hoyo sin rotación ni circulación. Asimismo, se debe monitorear el peso en el gancho mientras se saca la tubería del hoyo, y comparar las tendencias de este peso en tiempo real con las tendencias teóricas, proveniente de simulaciones. La idea es tener un gráfico donde se tengan los pesos de gancho teóricos estimados (gráfico llamado mapa de ruta), y en éste ir incorporando los valores reales de peso de gancho que se van obteniendo durante el viaje de sacada. De esta manera, se puede visualizar cualquier desviación a tiempo para tomar las acciones necesarias.

La velocidad de viaje es importante, ya que hay que considerar la velocidad del flujo de suciedad a través de los estabilizadores y la mecha, cuando se corre la sarta de perforación. Cabe resaltar que, ensamblajes de fondo más ajustados requieren velocidades más lentas.

Hoyo apretado:

Sí sacando la sarta del hoyo se encuentra un hoyo apretado (se debe establecer límites de *overpull* bajos, 30 kips como máximo):

Siempre se asume que el problema son los ripios. En este caso, se debe correr la sarta dentro del hoyo de 3 a 5 parejas, para colocar al ensamblaje de fondo lejos del problema. Se debe des-empaquetar el ensamblaje de fondo antes del bombeo (sí la obstrucción es suciedad). Recordar que los ripios pueden bajar el hoyo con el ensamblaje de fondo (en régimen de avalancha).

Posteriormente, se debe circular y rotar la sarta, a la velocidad requerida durante la perforación, durante 30 minutos. El objetivo es verificar la existencia de dunas de ripios, a fin de no perder tiempo en caso contrario.

Luego, correr la sarta hacia fuera del hoyo con cuidado sin rotación o circulación vigilando si el problema se repite. Sí el problema se ha movido hacia arriba en el hoyo, entonces la obstrucción eran los ripios. Continuar la limpieza del hoyo, por los procedimientos estándares de limpieza.

Sí el problema no se ha movido hacia arriba del hoyo, entonces es probable que sea un genuino hoyo apretado (por ejemplo, un ojo de llave). Circulación o *backreaming* pudieran ser utilizados con precaución. Se debe evitar el empaquetamiento mientras se circula o se hace *backreaming* al salir del hoyo.

Backreaming:

Algunas veces el *backreaming* es necesario, por ejemplo:

1. Hoyo apretado en viajes (después de verificar que la obstrucción no sean ripios).
2. Cuando la remoción de todos los ripios es necesaria, como por ejemplo:
 - a. Para limpiar el hoyo en corridas complicadas de revestidores en pozos de alcance extendido.
 - b. Para trabajos de cementación de *liner* de producción, o corrida de rejillas.

- c. Para corridas de revestidores de holgura apretada (ejemplo: 10 $\frac{3}{4}$ " u 11 $\frac{3}{4}$ " en hoyos de 12 $\frac{1}{4}$ ").

Es importante señalar que, el *backreaming* es peligroso, con alto riesgo de pega de tubería, empaquetamiento, e inducción de fallas en el hoyo. Además, acelera el deterioro de componentes del ensamblaje de fondo por la vibración. Pero, puede ser hecho con seguridad mediante prácticas adecuadas.

Como recomendación:

- Se debe limpiar el hoyo antes y después del *backreaming*.
- Nunca comenzar un *backreaming* durante un arrastre u hoyo apretado, el ensamblaje de fondo pudiera estar "incrustado" en los ripios.

Densidad equivalente de circulación ECD

Durante la perforación, es necesario un mapa de ruta de ECD para hoyo limpio, de modo de poder comparar las tendencias reales con las teóricas.

Por otra parte, altas velocidades de rotación en un hoyo pequeño pudieran ser perjudiciales, por ejemplo, los ECDs aumentan cuando aumentan las velocidades de rotación de la sarta durante la perforación de hoyos de 6" o de 8 $\frac{1}{2}$ ". Esto es debido a que, una alta velocidad de rotación ocasiona un significativo flujo en espiral en el espacio anular.

Para que esto ocurra, una situación de "hoyo pequeño, tubería grande" es necesaria:

1. Las velocidades de rotación no son un problema en hoyos de 9 $\frac{1}{2}$ ", 12 $\frac{1}{4}$ ", o mayores.
2. Pero, en hoyos menores o iguales a 8 $\frac{1}{2}$ " se ve un cambio en el comportamiento, dependiendo del tamaño de la tubería de perforación.

- a. 5 7/8" y 5 1/2" muy sensible.
- b. 5" bastante sensible.
- c. 4 1/2" y 4" poco sensible.

Para una adecuada limpieza de hoyo, hasta este punto se ha enfatizado en la velocidad de rotación de la sarta de perforación, pero a su vez la velocidad de rotación pudiese inducir problemas por altos ECDs, por lo que es importante aclarar que, sí los ECDs son el problema principal siempre se debe solucionar éste, pero por el contrario, sí los ECDs no son una limitación se le debe dar prioridad a la eficiencia de la limpieza del hoyo.

Es importante resaltar que, altos ECDs pudiesen inducir problemas como pérdidas de circulación y daños a la formación, entre otros.

En la Figura 11 se muestra una situación que se podría tener durante la perforación de un "hoyo pequeño con tubería de perforación grande".

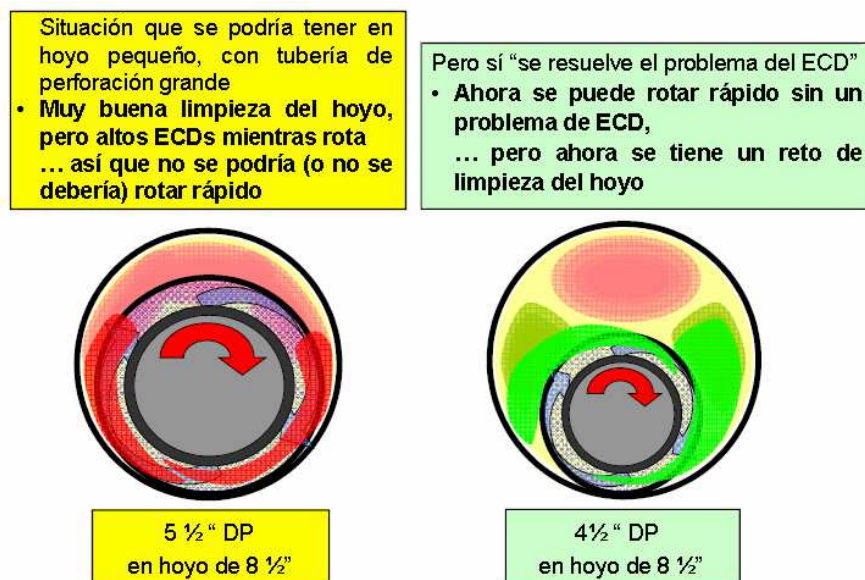


Figura 11. Posible situación "hoyo pequeño con tubería de perforación grande"

Fuente: K&M Technology Group (2013)

2.3 Bases Legales

Seguidamente, se presentan bases legales en donde se enmarca esta investigación.

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, 1999. Gaceta Oficial N° 36.860 del jueves 30 de diciembre de 1999. Con enmienda publicada en Gaceta Oficial N° 5.908 del jueves 19 de febrero de 2009. Resaltando el artículo 110, en el cual se indica que “El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional”.
- Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología en Innovación. Gaceta Oficial N° 39.575 del 16 de diciembre de 2010. Destacando los artículos 11, 12, 13 y 14, referidos al Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, el cual orientará lineamientos y políticas nacionales en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones.
- Metodología para ejecutar y documentar proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).

2.4 Definición de Términos

A continuación, en la Tabla 1 se muestra la definición que tienen una serie de términos técnicos utilizados a lo largo de esta investigación.

Tabla 1. Definición de términos

Término	Definición
Sarta de perforación	La sarta de perforación es una columna de tubos de acero, de fabricación y especificaciones especiales, en cuyo extremo inferior va enroscado el ensamblaje de fondo y en el extremo de éste está enroscada la mecha. Barberii (2001) p. 101.
Mecha	Pieza de fabricación y especificaciones especiales que corta los estratos geológicos para hacer el hoyo que llegará al yacimiento petrolífero. Barberii (2001) p. 101.
Reología	Estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos. Real Academia Española (2018) página web.
Pozo	Hoyo profundo para bajar a las minas. Real Academia Española (2018) página web.
<i>Backreaming</i>	Sacar la sarta de perforación del hoyo mientras se rota la misma y se circula fluido a través de ella. K&M Technology Group (2013) módulo viaje y <i>backreaming</i> , lámina 16.
Viaje convencional	Sacar la sarta de perforación del hoyo sin rotación de la misma o circulación a través de ella. K&M Technology Group (2013) módulo viaje y <i>backreaming</i> , lámina 16.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

En el presente Capítulo se presentan aspectos asociados a este proceso investigativo, aspectos tales como: tipo de investigación, diseño de la misma, unidad de análisis, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, fases de la investigación, operacionalización de los objetivos, estructura desagregada de trabajo, aspectos éticos, cronograma y recursos.

3.1 Tipo de Investigación

De acuerdo con Vieytes (2004), “Por su finalidad, la investigación puede clasificarse primero, en investigación básica o investigación aplicada. Se llama investigación básica a aquella que es fundamento para otras investigaciones y pretende conocer, explicar y comprender los fenómenos. La investigación aplicada, en cambio, se nutre de la básica para resolver los problemas concretos y en tal sentido depende de su logros” (p.35, 36).

Asimismo, Vieytes (2004) agrega que “antes de hablar de investigación básica quizás sea más adecuado referirse a la investigación básica orientada, la cual no exige del investigador que busque un conocimiento aplicable, pero si que trabaje en la línea de interés que define la institución, organismo o empresa que financia la tarea” (p. 36), y complementa la clasificación agregando la investigación tecnológica, para lo cual indica “... otra distinción: la que diferencia a la investigación aplicada de la tecnología científica. Cuando los conocimientos, fruto de la investigación científica, se utilizan en la producción de artefactos, sistemas o servicios nuevos, en dispositivos materiales o conceptuales destinados a modificar la realidad, entonces corresponde – aunque la línea entre una y otra es difusa – hablar de tecnología antes que de ciencia aplicada” (p.36).

La investigación del proyecto en estudio fue de tipo investigación aplicada. Esta investigación procuró resolver el problema planteado y alcanzar los objetivos trazados aplicando en forma práctica ciencias básicas.

3.2 Diseño de la Investigación

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) “Una vez que se precisó el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de la investigación y se formularon las hipótesis (o no se establecieron debido a la naturaleza del estudio), el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de contestar las preguntas de investigación, además de cumplir con los objetivos fijados. Esto implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular de su estudio. El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema” (p. 128).

Existen muchas propuestas para clasificar los tipos de diseños de investigación, en forma básica Balestrini (2006) indica que “... en relación al tipo de datos que se deben recolectar, estos se pueden clasificar en diseños de campo y diseños bibliográficos” (p. 131), y agrega a su vez que los diseños de campo pueden clasificarse en diseños experimentales y diseños no experimentales.

Esta investigación tuvo en su diseño un componente bibliográfico en el que, de acuerdo con Balestrini (2006), “... los datos se obtienen a partir de la aplicación de técnicas documentales, en los informes de otras investigaciones donde se recolectan esos datos, y/o a través de las diversas fuentes documentales” (p.132).

Asimismo, esta investigación también tuvo en su diseño un componente de campo no experimental, asociado a entrevistas y juicios de expertos con personas de experiencia en la industria de la perforación de modo de tener una visión más amplia del tema a investigar. De acuerdo con Balestrini (2006), en los diseños de campo no experimentales “... se observan los hechos estudiados tal como se manifiestan en su ambiente natural, y en este sentido, no se manipulan de manera intencional las variables” (p. 132).

En resumen, esta investigación se sustentó en una revisión de información bibliográfica y, adicionalmente, en entrevistas y juicios de expertos que permitieron ver el problema desde diferentes perspectivas y sirvieron de apoyo para la

evaluación de la información recolectada en el análisis de documentos, de donde se pudo determinar los estudios necesarios y actividades requeridas para formular el proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela.

3.3 Unidad de Análisis

De acuerdo con Vieytes (2004), “La unidad de análisis es el elemento mínimo de estudio observable en relación con un conjunto de otros elementos que son de su mismo tipo” (p. 391).

Para esta investigación la unidad de análisis fueron proyectos para la optimización de la perforación de hoyos de alto ángulo.

3.4 Población y Muestra

Según la definición de Vieytes (2004), “Una población es un conjunto de elementos, finito o infinito, definido por una o más características” (p. 395). A partir de ese conjunto de elementos se obtiene información con la que se alcanza resultados mediante el estudio de una muestra.

La población en esta investigación la constituyeron proyectos para la optimización de la perforación de hoyos de alto ángulo disponibles en centros de documentación, en bases de datos especializadas con las que contó PDVSA Intevep durante el desarrollo de esta investigación (año 2018), en libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló, así como aquellos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep.

Asimismo, Bernal (2010) establece que la muestra “Es la parte de la población que se selecciona” (p. 161). Por otra parte, Hernández, Fernández y Baptista (2014) categorizan las muestras en dos grandes ramas, las probabilísticas y las no probabilísticas, y de acuerdo a lo que exponen “En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el

tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis” (p. 175), y adicionalmente indica que “En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador” (p.176), es decir, en ellas la elección de los elementos obedece a criterios de la investigación.

Para esta investigación la muestra fue no probabilística. Seleccionando aquellos proyectos, para la optimización de la perforación de hoyos de alto ángulo, de la población en los cuales la optimización se orientó a los parámetros y prácticas operacionales utilizadas durante la perforación del hoyo, es decir, siguiendo un criterio de investigación.

De acuerdo con Vieytes (2004), en el muestreo no probabilístico por propósitos “El investigador elige a los sujetos y situaciones según los fines del estudio, seleccionando aquellos que considera típicos” (p. 404). En esta investigación se eligieron los proyectos a considerar según los fines del estudio, por lo que se utilizó este tipo de muestreo.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para esta investigación se utilizaron las siguientes técnicas o instrumentos de recolección de datos, considerando que, de acuerdo con Bernal (2010) “...se acepta el criterio de que no hay métodos ni técnicas autosuficientes para la comprensión de la realidad de ningún aspecto u objeto de estudio; por tanto, se reconoce la necesidad de la complementariedad de métodos y técnicas” (p. 193).

Análisis de documentos: para lo cual se hizo una revisión de publicaciones disponibles en centros de documentación, en las bases de datos especializadas con las que contó PDVSA Intevep para el momento del estudio, en libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló y en gerencia de proyectos, y en proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep, para lo cual la recolección de datos se apoyó en el Centro de Información Técnica de PDVSA Intevep. Asimismo, se revisó el

material de cursos asociados al tema de la investigación. Adicionalmente, se realizó búsqueda en bibliotecas y centros de documentación, así como de bases de datos disponibles en Internet.

Juicio de experto: se contactó a personas con experiencia en perforación horizontal, de modo de tener una visión más amplia del tema a investigar y de evaluar la información recolectada en el análisis de documentos.

Entrevistas: se estableció contacto directo con personas que se consideraron fuente de información para el estudio.

3.6 Fases de la Investigación

A continuación, se muestran las fases que fueron necesarias para formular el proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela, en función del tipo de investigación elegida y de los objetivos a alcanzar durante el estudio.

Fase de planteamiento: En esta fase se identificó el tema de estudio, se planteó el problema, se definieron los objetivos del estudio, se justificó la investigación, y se delimitó la misma, asimismo se definieron los fundamentos teóricos y se estableció el marco metodológico y el marco organizacional.

Fase de recolección de información: Por medio de técnicas de recolección de datos como análisis de documentos, juicio de expertos y entrevistas se obtuvo información asociada a proyectos de optimización de operaciones de perforación de alto ángulo. Esta información sirvió de apoyo para identificar características de proyectos como el que se formuló en esta investigación.

Fase de análisis de la información: Conocidos los objetivos del estudio y la información recolectada en la fase previa, se procedió al análisis de la misma identificando que tipo de estudios y otras actividades son requeridas para el desarrollo de la metodología, incluyendo herramienta computacional necesaria para su implementación y manuales.

Fase de formulación del proyecto: En base al análisis de información realizado en la fase previa, en ésta se formuló el proyecto, se diseñaron los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio entrelazando todas las actividades necesarias para el desarrollo de la metodología, herramienta computacional necesaria y manuales, y fue estructurado el plan detallado de ejecución del proyecto, así como se establecieron estrategias necesarias para transferir a personal del área operacional de PDVSA los conocimientos a desarrollar cuando se ejecute el proyecto que se formuló en esta investigación.

Fase de cierre: Luego de formular el proyecto se procedió a la documentación de la investigación, incluyendo la propuesta, conclusiones y recomendaciones a las que se llegó durante el estudio.

3.7 Operacionalización de los Objetivos

A continuación, en la Tabla 2 se muestra la operacionalización de los objetivos que fundamentaron esta investigación, en ella los objetivos están expresados en término de indicadores, de modo de que éstos resulten observables y evaluables.

Tabla 2. Operacionalización de los objetivos

Investigación	Objetivos específicos	Indicadores	Técnicas	Fuentes
Formulación de un proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela	Definir que estudios son necesarios para el desarrollo de la metodología a proponer	Estudios necesarios	Análisis de documentos Juicio de expertos Entrevistas	Libros y revistas especializadas Proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep Publicaciones disponibles en bases de datos especializadas Personas con experiencia en el tema en estudio
	Diagnosticar cómo se realiza la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos petroleros actualmente en Venezuela	Parámetros y prácticas operacionales utilizados		
	Definir las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología, que busque ser atractiva para los involucrados, incluyendo manuales y herramientas computacionales necesarias para su implementación.	Actividades requeridas para el desarrollo de la metodología		
	Diseñar los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio	Planes que conforman el plan de ejecución		
	Estructurar el plan detallado de ejecución del proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela	Plan detallado de ejecución		
	Definir que estrategias son necesarias para transferir a personal de taladro de PDVSA los conocimientos desarrollados durante la materialización del proyecto que en esta investigación será formulado	Estrategias		

3.8 Estructura Desagregada de Trabajo de la investigación

A continuación, en la Figura 12 se presenta la estructura desagregada de trabajo de esta investigación.

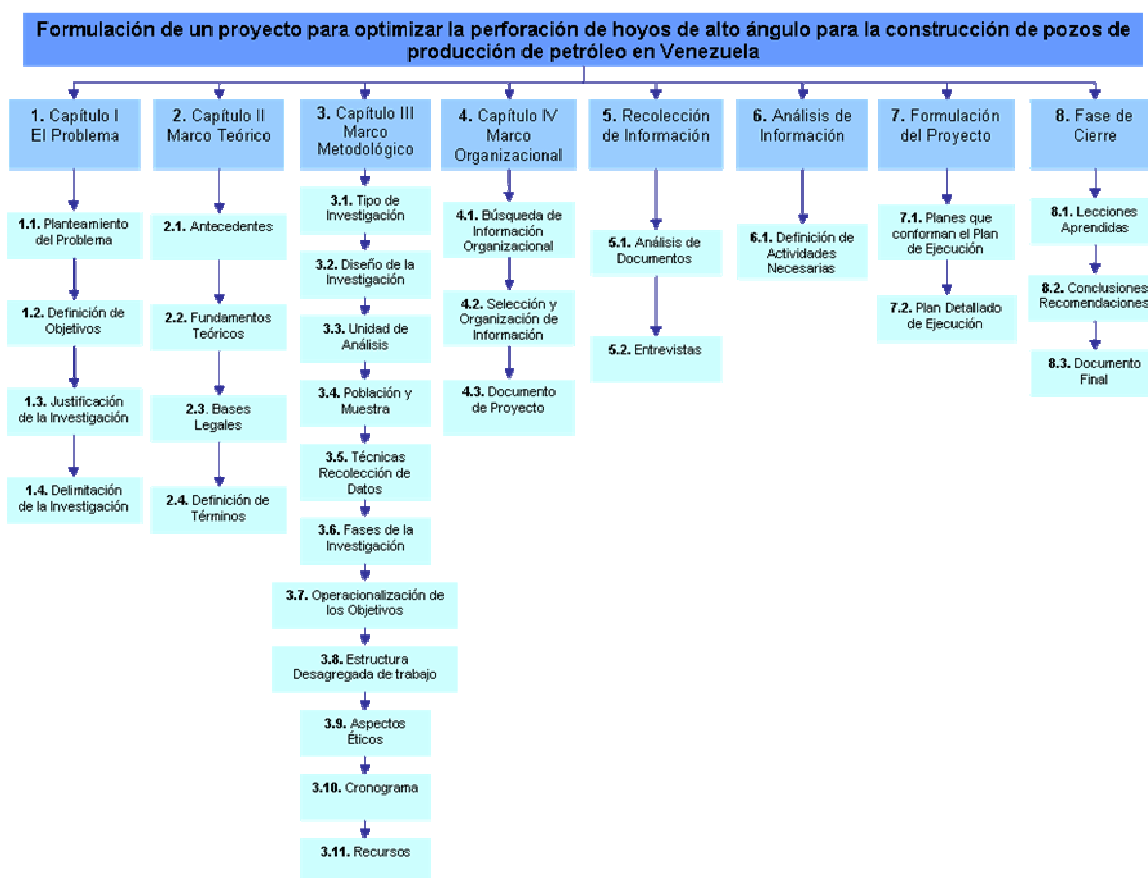


Figura 12. Estructura desagregada de trabajo de la investigación

3.9 Aspectos Éticos

Las consideraciones éticas que enmarcaron esta investigación están sustentadas en los siguientes códigos y políticas:

Código de Ética y Conducta Profesional del PMI (2017), destacando que los valores que la comunidad global de la dirección de proyectos definió como más

importantes son la responsabilidad, el respeto, la imparcialidad y la honestidad. Este Código de Ética y Conducta Profesional se sustenta en estos cuatro valores.

Políticas de Ética en el Negocio y Conflicto de Intereses de PDVSA Intevep (2005), la cual tiene como objetivo que todos los trabajadores, asignados, representantes y contratistas, mantengan su conducta encuadrada en los principios éticos y eviten tener algún conflicto entre sus intereses personales y los de PDVSA Intevep.

3.10 Cronograma

Seguidamente, en la Figura 13 se presenta el cronograma de esta investigación.

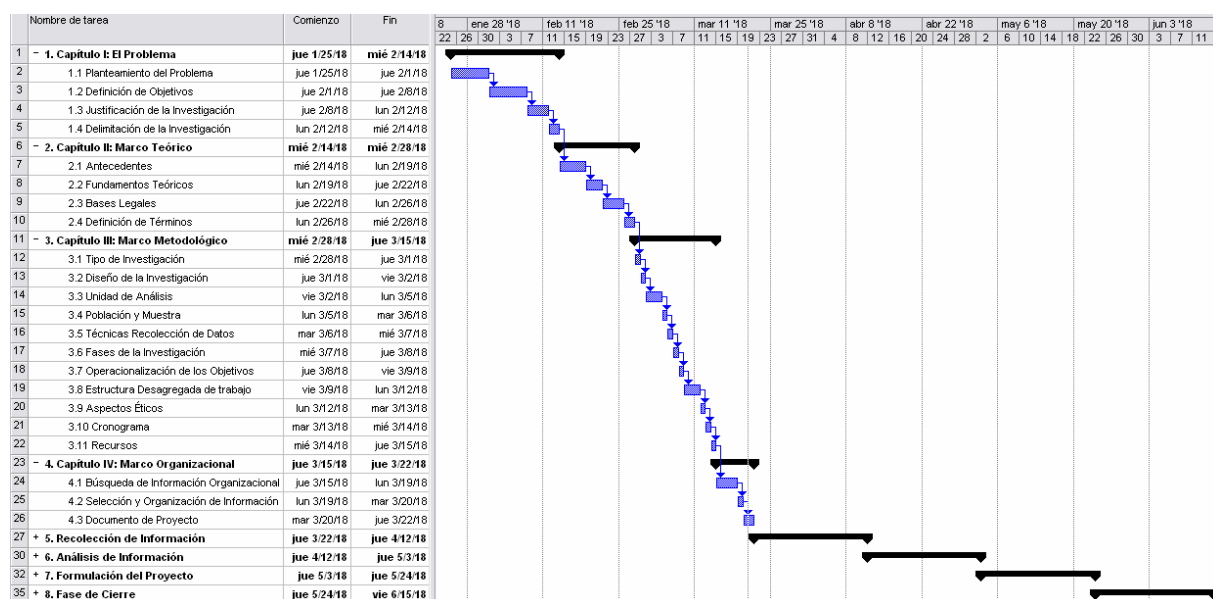


Figura 13. Cronograma de la investigación

3.11 Recursos

A continuación, en la Tabla 3 se muestran los recursos que fueron necesarios para el desarrollo de este estudio, los cuales contribuyeron a dar respuesta al problema planteado y permitieron la obtención de los objetivos establecidos.

En esta tabla se presentan costos aproximados, los cuales fueron estimados para marzo de 2018, que fue el momento en el cual esta tabla fue elaborada. Es un estimado de costos referencial ya que no se consideró, entre otras cosas, el efecto inflacionario.

Tabla 3. Recursos necesarios para el desarrollo de la investigación

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo (Bs.)
Estudiante (investigador)	horas	400	7.000.000,00
Tutor	horas	40	1.400.000,00
Computadora	horas	400	4.000.000,00
Internet	mes	4	800.000,00
Costo de matrícula Seminario TEG	Unidad de crédito	3	333.600,00
Costo de matricula TEG	Unidad de crédito	12	1.334.000,00
Papelería	resma	1	1.000.000,00
Total (Bs.)			15.867.600,00

CAPITULO IV: MARCO ORGANIZACIONAL

Esta investigación se desarrolló en PDVSA Intevep, y en este Capítulo se presenta una breve reseña histórica de esta organización, su misión, visión, valores, objetivos, productos y servicios prestados, estructura organizativa y estructura del departamento donde está enmarcada la investigación.

4.1 Breve reseña histórica

A continuación, se presenta una breve reseña histórica de PDVSA Intevep, de acuerdo con información obtenida en PDVSA (2013).

A través de la promulgación del Decreto Presidencial No. 1.385, con fecha 29 de agosto de 1973, se creó la Fundación para la Investigación de Hidrocarburos y Petroquímica (Invepet), lo que abrió el camino a lo que hoy constituye el centro de investigación científica y apoyo tecnológico de la industria petrolera nacional. La instalación formal se llevó a cabo el 7 de febrero de 1974.

Inició actividades en el Centro Comercial Los Ruices, y luego se traslado al Centro Comercial El Tambor, en la ciudad de Los Teques, temporalmente, hasta su posterior traslado a su sede actual, la cual en sus inicios se conocía como Villa Pignatelli, un antiguo seminario Jesuita. La recién mudanza de los grupos profesionales, a este nuevo espacio, contó con el traslado de 75 profesionales del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), que fueron a conformar el nuevo instituto del petróleo.

En 1976, con la creación de PDVSA, aún manteniendo la figura jurídica de Fundación, se cambió su denominación a la actualmente conocida: Intevep. PDVSA se convirtió en su patrocinante.

Igualmente en 1976, se iniciaron los primeros proyectos de investigación y desarrollo definidos como prioritarios para la Industria. En este sentido, el Consejo de Administración aprobó la constitución de seis gerencias técnicas: Ciencias de la Tierra, Ingeniería General, Ingeniería de Petróleo, Ciencias Básicas, Ingeniería de Procesos, y Computación y Sistemas.

Los 75 profesionales procedentes del IVIC fueron fundamentales para conformar una estructura organizacional que comprendió tres divisiones: Exploración y Producción, Refinación y Petroquímica, y Administración y Servicios.

En Junio de 1979 Intevep se constituyó como empresa mercantil, filial de Petróleos de Venezuela, lo cual permitió adoptar políticas y actividades alineadas con la Corporación.

En 1983 se diseñó el Modelo Geológico de la Faja Petrolífera del Orinoco. Adicionalmente, se creó la Unidad de Petroquímica y se estableció un programa definido de asistencia a Petroquímica de Venezuela (Pequiven).

En 1984 Intevep mostró un notable avance en el desarrollo de una tecnología propia para el mejoramiento de crudos pesados: HDH[®], y en el desarrollo y optimización de métodos para el transporte superficial de crudos pesados y extrapesados.

En 1986 la tecnología de emulsiones para la producción y manejo de crudos pesados fue integrada convenientemente a las operaciones de la industria. El proceso de mejoramiento HDH[®] fue validado en su fase de planta piloto, lo cual permitió adelantar el desarrollo de la ingeniería básica de un módulo comercial.

En 1987 PDVSA decidió ampliar la misión de Intevep, asignándole la responsabilidad de centralizar las actividades de ingeniería básica y la prestación de servicios técnicos especializados a la Corporación.

En 1988 se registraron avances fundamentales en áreas estratégicas de la Industria. En efecto, productos y procesos generados en Intevep entran en fase de implantación operacional. El producto Orimulsión[™] entró a su fase de uso comercial como un medio de transporte de crudos pesados y extrapesados de la Faja Petrolífera del Orinoco, sin el uso de diluentes. Se completaron con éxito las pruebas piloto de transporte mediante flujo anular[®]. Se finaliza el desarrollo tecnológico de coque y aleaciones con alto contenido de vanadio. Adicionalmente, se cumplieron las pruebas de demostración del proceso de mejoramiento HDH[®].

Durante el año de 1989, en respuesta al cambio de alcance en las actividades de Intevep, se le dio a la institución una nueva denominación: Intevep, S.A., Centro de Investigación y Apoyo Tecnológico.

En 1990 se adquirieron los derechos de uso de la tecnología Ethetol™, de la British Petroleum, para la producción de éteres a ser utilizados en el mejoramiento de octanaje de las gasolinas y reemplazar el tetra etilo de plomo en las gasolinas venezolanas.

En 1991 el desarrollo del proceso HDH® fue merecedor del Premio de Ciencias de la UNESCO y recibió la aprobación, por parte de PDVSA, para construir la planta pionera en la Refinería Cardón, con una capacidad de 15 mil barriles por día.

Intevep fue la sede del proyecto denominado “Proyecto Orinoco Magna Reserva”. Allí se centraron equipos profesionales de PDVSA y 28 empresas petroleras provenientes de 21 países, cuyo objetivo era cuantificar y certificar las reservas de petróleo de la Faja Petrolífera del Orinoco. Dicho trabajo duró hasta mediados de 2010, dando como resultado el reconocimiento de Venezuela como la nación con las mayores reservas de hidrocarburos líquidos del planeta, con una cuantía, aún en desarrollo, de 297.571 millones de barriles de petróleo.

Actualmente, Intevep continúa su importante labor como centro de soporte y desarrollo tecnológico de la industria petrolera nacional.

4.2 Misión

La misión de PDVSA Intevep, de acuerdo con su Manual de Organización, PDVSA Intevep (2010), es:

“Valorar la base de hidrocarburos y los procesos productivos de PDVSA, mediante la investigación y el desarrollo de soluciones tecnológicas integrales, pertinentes y eficaces, dentro de las directrices de Plan Siembra Petrolera, con la participación y el protagonismo del talento humano articulado y comprometido en la construcción del Socialismo del Siglo XXI”.

4.3 Visión

La visión de PDVSA Intevep, de acuerdo con su Manual de Organización, PDVSA Intevep (2010), es:

“Ser el motor de la revolución técnico-científica de PDVSA para el desarrollo, la incorporación y transferencia de tecnologías, con visión sociopolítica, que impulse al país como potencia energética mundial sobre las bases del Plan Siembra Petrolera y los valores del Socialismo del Siglo XXI”.

4.4 Valores

De acuerdo con su Manual de Organización, PDVSA Intevep (2010), para el cumplimiento de su Visión y Misión, PDVSA Intevep se apoya en los siguientes valores organizacionales:

Respeto por la gente: Preocupación genuina y sincera por los demás, considerar al otro como un ser legítimo en relación a uno mismo, respetando sus sentimientos y opiniones. Respeto y objetividad hacia las opiniones o prácticas de los demás, aunque sean contrarias a las propias.

Apego a principios ético-morales: Actuar con estricto apego a los principios ético-morales que reflejen honestidad, probidad, integridad, transparencia y humildad en cada una de las acciones, dejando de hacer todo lo que dañe a otros y afecte el cumplimiento de la visión y misión organizacional. Cumplir con el deber y administrar correctamente lo que se tiene a cargo. Ser coherentes y consistentes con pensamientos, emociones y acciones.

Justicia y equidad: Reconocer y valorar en cada individuo lo que le corresponde en términos de sus capacidades y aportes; así como ofrecer igualdad de oportunidades, en función de los intereses del equipo y la organización, buscando el beneficio del colectivo por encima del individualismo. Ser respetuoso de las diferencias socioculturales con imparcialidad.

Innovación: Compromiso permanente con todas las acciones que conduzcan a la generación de soluciones con criterios de creatividad e innovación, para lograr productos tecnológicos y servicios especializados soberanos, que representen beneficios tangibles para cualquier nivel de la organización, a la comunidad y al país. Lograr la excelencia mediante una disposición permanente al mejoramiento continuo en la calidad de los procesos, productos y servicios.

Conciencia del deber social y solidaridad: Sentido del deber, conciencia de las responsabilidades, obligaciones y acciones asociadas al rol/puesto desempeñado, incluyendo la disposición para actuar desde la perspectiva de la seguridad, la higiene y el cuidado del ambiente. Pensar y estar consciente de las consecuencias de los actos realizados. En la interacción laboral y gestión, demostrar compromiso con el país, sensibilidad con la comunidad, conciencia política, social y ambiental. Todos los actos deben conducir hacia el logro de la soberanía tecnológica. Actuar y trabajar en equipo, combinando fuerzas para cumplir una meta, con sentido del bien común.

4.5 Objetivos

De acuerdo con PDVSA (2018a), sitio oficial de PDVSA en Internet, los objetivos de PDVSA Intevep son los siguientes:

1. Desarrollar e implementar tecnologías para:

- Lograr un factor de recobro mínimo de 20% del Petróleo Original en Sitio en la Faja Petrolífera del Orinoco.
- Incrementar el factor de recobro de yacimientos maduros de crudos livianos y medianos.
- Transformar corrientes de los mejoradores y refinerías, para su uso como insumos químicos, petroquímicos y combustibles; en las operaciones de la industria.
- Maximizar el uso, en el país, de azufre y coque de petróleo.

- Impulsar el desarrollo del Gas Costa Afuera.
- Minimizar el impacto ambiental de las actividades de la industria y proteger los ecosistemas de las zonas petroleras.

2. Acelerar la captura, desarrollo, optimización y masificación de nuevas tecnologías a través de alianzas con otras empresas petroleras y de servicios, universidades y centros de investigación, nacionales e internacionales; con el fin de maximizar la valorización de nuestros hidrocarburos.

3. Generar nuevas soluciones o captar tecnologías de estimulaciones químicas o mecánicas para restituir o mantener la productividad o la inyectividad de los pozos.

4. Acelerar la investigación y desarrollo de esquemas de mejoramiento de crudo, que permitan obtener una alta calidad de producto con una baja producción de residuos sólidos, mediante procesos de transformación e industrialización, a bajos costos de inversión y operación.

4.6 Productos y servicios

A continuación, se presenta una breve descripción de los productos y servicios prestados por PDVSA Intevep, de acuerdo con PDVSA (2018b), intranet de PDVSA.

PDVSA Intevep es el brazo tecnológico de Petróleos de Venezuela, una filial de investigación cuya orientación estratégica es generar soluciones tecnológicas integrales, con especial énfasis en las actividades de exploración, producción, refinación e industrialización. De igual manera, es responsabilidad de PDVSA Intevep, el resguardo del acervo tecnológico de PDVSA.

PDVSA Intevep también desarrolla tecnologías propias en áreas con oportunidades diferenciales, impulsa la cooperación e integración con el sector técnico-científico e industrial de Venezuela y asegura, al mismo tiempo, la correcta gestión ambiental en las operaciones de PDVSA.

Para dar respuesta a las necesidades de PDVSA y para afianzar el ejercicio de la soberanía nacional sobre los hidrocarburos, PDVSA Intevep focaliza su esfuerzo en tres áreas medulares: crudos pesados y extrapesados de la Faja Petrolífera del Orinoco, gas costa afuera y nuevos desarrollos cercanos a campos tradicionales en áreas tradicionales. De igual manera, concentra gran parte de sus recursos en mejorar el factor de recobro y en actividades de recuperación mejorada.

En cada una de estas áreas se realizan actividades de: investigación estratégica, investigación y desarrollo, ingeniería y asistencia técnica especializada, las cuales están integradas a los negocios de PDVSA en cuanto a transferencia y aplicación de tecnologías que permitan cubrir integralmente, las diferentes fases de los negocios petrolero y gas: exploración, producción, manufactura, transporte y mercadeo.

4.7 Estructura de la organización

En la Figura 14 se muestra el organigrama de PDVSA Intevep, de acuerdo a información suministrada por su Gerencia de Recursos Humanos.

Cabe destacar que, esta investigación se desarrolló en su Gerencia General de Producción, PRG, la cual se resalta en amarillo en este organigrama.

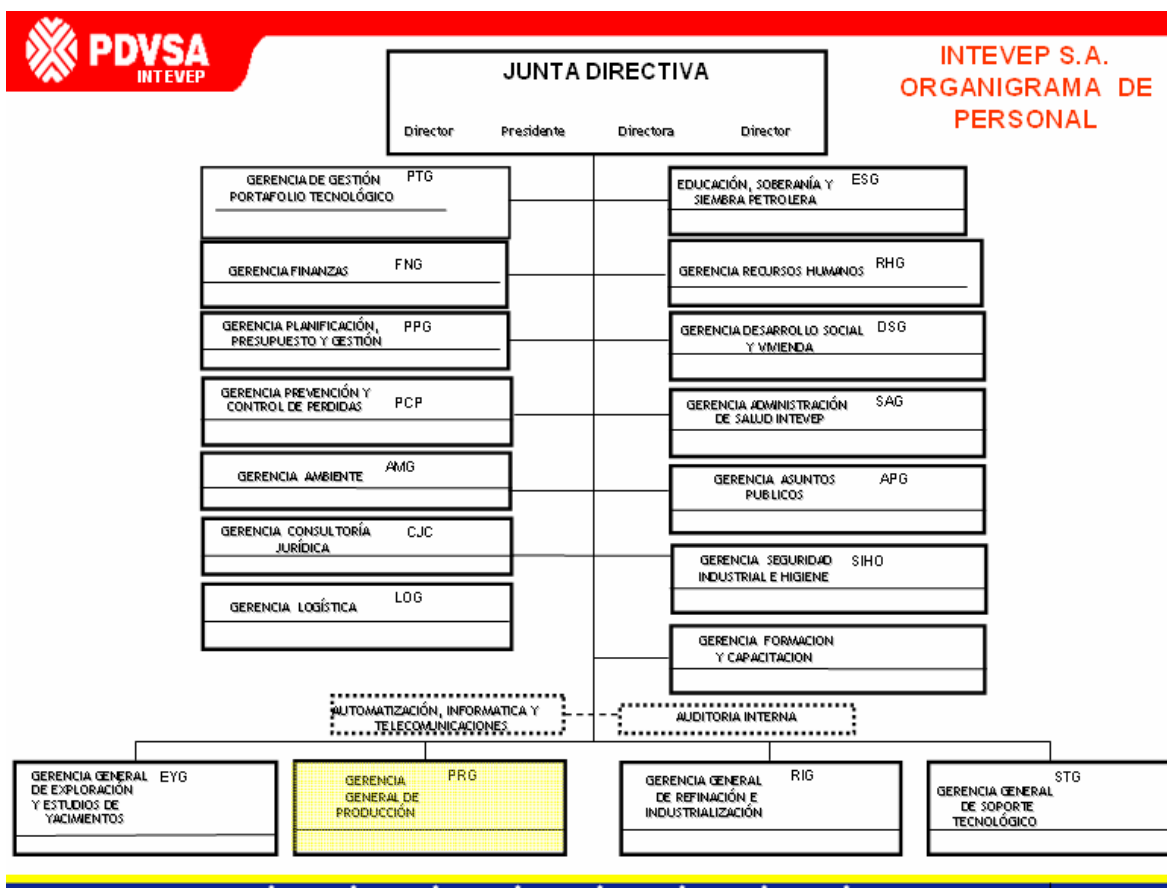


Figura 14. Organigrama de PDVSA Intevep
 PDVSA Intevep (2018)

4.8 Estructura del departamento donde está enmarcada la investigación

A continuación, en la Figura 15 se presenta el organigrama de la Gerencia General de Producción, PRG, de acuerdo a información suministrada por la Gerencia de Recursos Humanos de PDVSA Intevep.

En la Gerencia General de Producción, PRG, se encuentra la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos, PRCP, resaltada en este organigrama en amarillo, que es donde específicamente se desarrolló la investigación.

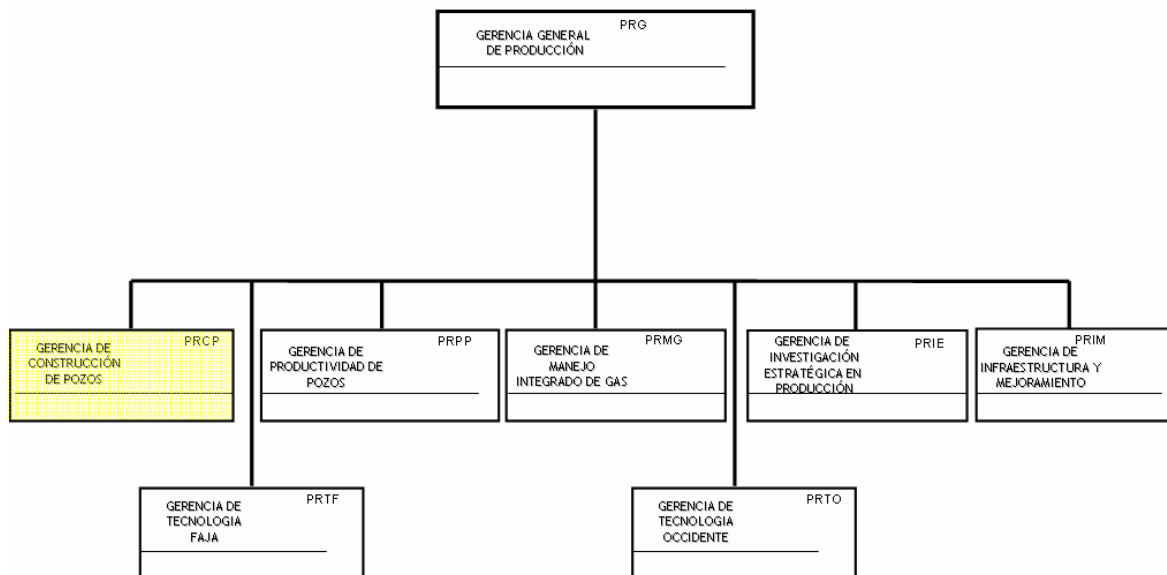


Figura 15. Organigrama de Gerencia General de Producción
PDVSA Intevep (2018)

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En este Capítulo se presenta el desarrollo realizado para alcanzar cada uno de los objetivos específicos planteados para esta investigación.

5.1 Estudios previos necesarios para el desarrollo de la metodología

Primeramente, para la definición de los estudios que servirán como punto de partida para el desarrollo de la metodología, se realizó un análisis de documentos, para lo cual se hizo una revisión de publicaciones disponibles en centros de documentación, en las bases de datos especializadas con las que contó PDVSA Intevep para el momento del estudio, en libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló, y en proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep, asimismo, se realizó juicio de expertos, se consultó a personas con experiencia en perforación horizontal, profesionales de PDVSA Intevep y de PDVSA que laboran en las áreas operacionales, tanto en ingeniería como en operaciones de perforación, de modo de tener una visión más amplia del tema a investigar, y adicionalmente, se hizo una serie de entrevistas no estructuradas en las que se estableció contacto directo con personas que se consideró eran fuente de información para esta investigación. Es de resaltar que, se analizaron proyectos, para la optimización de la perforación de hoyos de alto ángulo, de la población, en los cuales la optimización se orientó a los parámetros y prácticas operacionales utilizadas durante la perforación del hoyo.

Con base al análisis de documentos, al juicio de expertos y a las entrevistas no estructuradas que se realizaron, se pudo detectar la necesidad de estudiar la evolución de la perforación de hoyos de alto ángulo, de investigar las tecnologías y equipos necesarios para facilitar y automatizar el proceso de “soporte en taladro”, así como de obtener información asociada a los autores, instituciones y empresas que más publican en el área. Lo anterior permitirá tener una visión más amplia para la ejecución del proyecto. En base a lo previamente expuesto, se propone

desarrollar un Informe del Sistema de Inteligencia Tecnológicas (SIT) dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo que considere los aspectos anteriormente citados.

En este SIT, además buscar conocer la evolución de la perforación de alto ángulo, se buscará identificar las tendencias mundiales de este tipo de perforación, y por supuesto, la razón de estos comportamientos. Lo anterior, de modo de asegurar trabajar en una metodología que esté a la par de las tendencias mundiales.

Como se indicó anteriormente, en este SIT se plantea estudiar las tecnologías y equipos necesarios para facilitar y automatizar el proceso de “soporte en taladro”. En esta primera etapa se tiene contemplado desarrollar la metodología con las tecnologías y equipos disponibles en la actualidad por parte de PDVSA en sus operaciones de perforación, de modo de requerir menos inversión para la implantación de la metodología, buscando que sea atractiva para los involucrados, sin embargo, se tiene previsto que en un segundo proyecto se busque facilitar el proceso de “soporte en taladro” proponiendo las tecnologías y equipos que sean necesarios.

Asimismo, como se indicó anteriormente, de este SIT se obtendrá información de publicaciones asociadas a esta área de conocimiento, los autores más relevantes, los años de sus publicaciones, así como las instituciones, empresas y países que más publican en el área. Información que está dirigida a soportar el proceso de toma de decisiones de la Corporación, permitiendo la revisión, actualización y establecimiento de los planes y acciones necesarias, buscando mantener actualizada las estrategias tecnológicas de la empresa.

Por otra parte, en base al análisis de documentos, al juicio de expertos, y a las entrevistas no estructuradas realizadas, también se evidenció la necesidad de realizar un Informe del Sistema de Estado del Arte (SEA) dedicado al flujo de saltación (transporte de ripios) en los hoyos de alto ángulo, lo cual permitirá un mayor entendimiento de la limpieza en las secciones horizontales. Para esto, se plantea estudiar el transporte de ripios en hoyos de alto ángulo con tuberías de

perforación rotando, tal como sucede durante la perforación, considerando fluidos reales empleados normalmente en taladro y considerando el acople viscoso entre la tubería y el fluido de perforación.

Durante la perforación de hoyos horizontales es necesario inferir las condiciones del hoyo a través de, por ejemplo, los valores del peso de la sarta de perforación o los valores del flujo de ripios en superficie. Muchas decisiones operacionales se basan en las condiciones del hoyo, por ejemplo, el circular más el mismo porque se considera que requiere más limpieza. Una mala interpretación de las condiciones del hoyo puede llevar a realizar operaciones correctivas que no son necesarias o incluso perjudiciales para la estabilidad del hoyo.

Con este SEA se busca profundizar en este tipo de interpretaciones, de modo de apoyarse en este conocimiento durante los “soportes en taladro” a realizar durante el desarrollo de la metodología y durante la masificación de la misma. En este SEA se debe caracterizar, describir e interpretar la investigación documental que se realice en base a fuentes secundarias del saber acumulado. Se tiene previsto para el segundo proyecto, en base a la información recopilada en este SEA, realizar estudios ya sean experimentales o numéricos que busquen profundizar en esta área de conocimiento, lo cual redundará en un mayor entendimiento de la perforación y servirá de apoyo durante la toma de decisiones que está presente en la perforación de hoyos de alto ángulo.

En resumen, para este objetivo se tiene entonces que son necesarios dos estudios previos a la realización de la metodología, los cuales son:

- Sistema de Inteligencia Tecnológicas (SIT) dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo.
- Informe del Sistema de Estado del Arte (SEA) dedicado al flujo de saltación (transporte de ripios) en los hoyos de alto ángulo.

5.2 Diagnostico de la perforación de hoyos de alto ángulo

Con el desarrollo de este objetivo específico se buscaba definir con mayor profundidad la orientación del proyecto que se formuló en esta investigación. Esta orientación era sumamente importante ya que ampliaba la visión de aspectos que eran necesarios considerar en la definición de los entregables y de las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología.

Tal como se estableció en el Capítulo I, específicamente en la sección 1.4 Alcance y Delimitaciones de la Investigación, el proyecto formulado se enfocó únicamente a la perforación de arenas no consolidadas como las presentes en la FPO, área de importancia estratégica para PDVSA ya que es donde se encuentran las mayores reservas de crudo de la nación. Por otra parte, el proyecto formulado incluye el desarrollo de una metodología que estará orientada a la perforación de hoyos de alto ángulo, los cuales son típicos en la FPO. Por estas razones, este diagnóstico estuvo orientado a pozos de la FPO.

Asimismo, este diagnóstico estuvo limitado a estudiar parámetros y prácticas operacionales utilizadas durante la perforación, en la búsqueda de optimizar la misma.

Es importante resaltar que, el desarrollo de este objetivo específico se apoyó en juicio de expertos, se reunió a personal de la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP, de PDVSA Intevep, que han realizado estudios asociados a la perforación de hoyos de alto ángulo en la FPO. En esta reunión se hizo un análisis de proyectos en los que se buscaba estudiar los parámetros y prácticas operacionales utilizadas durante la perforación de la fase horizontal en la FPO.

Cabe destacar que existen empresas, algunas de las cuales se citaron en el Capítulo II, que a nivel mundial brindan asesoría y dan “soporte en taladro” durante la perforación de hoyos de alto ángulo. Adicionalmente, estas empresas ofrecen cursos en esta área de conocimiento en distintos países y brindan recomendaciones en cuanto a parámetros, equipos y prácticas operacionales a

utilizar en este tipo de operaciones. El juicio de expertos realizado se apoyó en las recomendaciones que ofrecen estas empresas asesoras.

Pero por otra parte, en base al juicio de expertos, se planteó que es necesario validar la aplicabilidad de las recomendaciones dadas por estas empresas asesoras en cuanto a parámetros, equipos y prácticas operacionales en la FPO dada las condiciones particulares de la misma, sus arenas no consolidadas y sus crudos pesados y extrapesados, es decir, es necesario validar la aplicabilidad de estas recomendaciones ya que éstas pudieran generar por ejemplo, excesivo socavamiento, y en el caso que alguna de ellas no aplicará, sería necesario generar recomendaciones particulares para la FPO.

Se consideró en la discusión parámetros operacionales como la velocidad de rotación de la sarta de perforación, el caudal bombeado al hoyo, y a su vez, también se considero parámetros reológicos como la lectura en el Fann a baja tasa de corte, específicamente a 6 rpm. Estos son parámetros que son de importancia durante las diferentes etapas presentes en la perforación del hoyo de alto ángulo, incluyendo las circulaciones para limpieza, los repasos después de perforar cada pareja, y la perforación misma, ya que en estas operaciones con los parámetros adecuados se pudiera limpiar el hoyo. Además, se buscó analizar prácticas operacionales utilizadas durante la perforación y durante la sacada de la sarta de perforación del hoyo.

En el año 2015 se realizó el seguimiento operacional durante la perforación de un pozo horizontal en la División Junín. De este seguimiento se resaltó la importancia de manuales que orienten la toma de decisiones durante las operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo, y durante su planificación, lo cual permita orientar la determinación de los parámetros y prácticas operacionales a utilizar durante la construcción de los pozos.

Una variable de gran importancia durante la perforación de hoyos de alto ángulo es la rotación de la sarta de perforación, esto debido a que los ripios por gravedad van a la parte inferior del hoyo y con la rotación de la sarta de perforación se logra

agitación para colocar a estos ripios en el flujo de fluidos de la sección anular (hoyo-tubería de perforación). Durante esta perforación, en algunas secciones de la fase horizontal, se alcanzó las 60 rpm, hubo otras en las que se utilizó incluso 30 rpm. Cabe destacar que se perforó utilizando motor de fondo, que implica secciones en las que se desliza y se perfora sin rotación de la sarta de perforación.

Asimismo, el caudal es otra variable importante para la limpieza de hoyos de alto ángulo, y durante la perforación del hoyo horizontal se utilizó caudales que variaron, en algunas secciones su utilizó 350 gpm, en otras 450 gpm. Por otra parte, otra de las variables de gran importancia durante la perforación de hoyos de alto ángulo es la lectura a bajas tasa de corte del fluido de perforación. La lectura de 6 rpm durante la perforación de la fase horizontal de este pozo varió entre las 13 y las 15 lb/100ft². También se resalta el uso de píldoras durante la perforación y el sacar la sarta del hoyo en *backreaming*.

En el año 2017, buscando identificar la causa de problemas de hoyo presentes durante la construcción de los pozos en una de la Empresas Mixtas que opera en la División Carabobo de la FPO se pudo corroborar que hubo secciones, durante la perforación de la fase horizontal de esos pozos, en las que se perforaba con 30 rpm y hubo algunas en las que se perforó con 60 rpm, asimismo, se evidenció caudales de 350 gpm en algunas secciones y en otras se alcanzaban los 530 gpm, y lecturas de 6 rpm que variaban, en unas secciones se tuvo 10 lbf/100ft² y en otras 14 lbf/100ft². Se evidenció el uso de píldoras durante la perforación y hoyos en los que se sacó la sarta de perforación del mismo en *backreaming*.

Asimismo, también en el año 2017, tratando de identificar la causa de los problemas de hoyo presentes durante la perforación de los pozos de un campo que opera PDVSA en la División Carabobo se pudo constatar que durante la fase horizontal de esos pozos hubo secciones en las que se perforó utilizando 30 rpm y en otras 40 rpm. Caudales de 250 gpm es unas secciones y de 500 gpm en otras, y lecturas de 6 rpm que variaban, en unas secciones se tuvo 9 lbf/100ft² y en otras

13 lbf/100ft². Hubo hoyos en los que se sacó la sarta de perforación en *backreaming* y se evidenció el uso de píldoras.

Se tiene entonces que hay variedad en los parámetros operacionales de importancia en la limpieza de hoyo que son utilizados durante la perforación de alto ángulo. Es importante el estudiar los criterios que llevaron a la selección de los valores en los parámetros operacionales manejados durante la perforación y de las prácticas operacionales utilizadas en la misma, así como también es importante que se generen recomendaciones que orienten la selección de los valores de los parámetros y las prácticas operacionales a utilizar durante la perforación de los hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas. A modo de estandarizar la información, se propone el uso de manuales de perforación, tanto de planificación como de operaciones.

Asimismo, se plantea la necesidad de evaluar las píldoras de barrido utilizadas y el evaluar posibles formas de sacar la sarta de perforación del hoyo, convencional y *backreaming*.

En resumen, para este objetivo se tiene entonces que la orientación del proyecto que en esta investigación se formuló, en base al diagnóstico realizado, fue de:

- Validar la aplicabilidad en formaciones no consolidadas de recomendaciones dadas por empresas dedicadas a perforación de hoyos de alto ángulo (en cuanto a rpm, caudal, reología, etc.).
- Evaluar prácticas operacionales como son las píldoras de barrido y evaluar posibles formas de sacar la sarta de perforación del hoyo, convencional y *backreaming*.
- Generar recomendaciones en cuanto a parámetros y prácticas operacionales a utilizar durante la perforación horizontal en la FPO. A modo de estandarizar la información a generar se debe desarrollar una metodología de trabajo documentada y, a su vez, manuales, tanto para la planificación como para las operaciones de perforación de los pozos.

Los estudios expuestos en esta sección, en base al juicio de expertos, dan una idea de la perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas actualmente en Venezuela, y por ende, de la orientación que requería el proyecto formulado en esta investigación, y de aspectos que se debieron considerar durante la definición de sus entregables y de sus actividades. Un diagnóstico más detallado va más allá del alcance de esta investigación.

5.3 Actividades requeridas para el desarrollo de la metodología

El establecimiento de las actividades que se muestran en esta sección está basado en herramientas y técnicas como el juicio de expertos, se contactó a profesionales con experiencia en proyectos de perforación horizontal en la FPO, profesionales de PDVSA Intevep y de PDVSA que laboran en las áreas operacionales, tanto en ingeniería como en operaciones de perforación, además está basado en un análisis de documentos, se hizo una revisión de publicaciones y de proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep, así como de libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló y, adicionalmente, está basado en entrevistas no estructuradas con personas que se consideró eran fuente de información para el estudio.

La elaboración de la formulación de un proyecto es un proceso iterativo, las actividades planteadas en esta sección están en concordancia con todos los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio, que se presentan en la siguiente sección, y se muestran con más detalle cada una de éstas en la sección 5.5 Plan detallado de ejecución del proyecto.

Las primeras actividades que son necesarias desarrollar están asociadas al primero objetivo específico, a los dos estudios que servirán como punto de partida para la realización de la metodología, los cuales son: el Sistema de Inteligencia Tecnológicas (SIT) dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo, y el Informe del Sistema de Estado del Arte (SEA) dedicado al flujo de saltación (transporte de ripios) en los hoyos de alto ángulo.

Con relación al SIT es necesario desarrollar las siguientes actividades de investigación:

- Estudiar la evolución de la perforación de pozos de alto ángulo.
- Identificar las tendencias mundiales para la perforación de hoyos de alto ángulo.
- Definir las tecnologías necesarias para la realización de este tipo de seguimientos para dar “soporte en taladro”.
- Elaborar el documento SIT con base a las actividades previamente citadas. Adicionalmente, este documento debe incluir todas las partes y aspectos establecidos en la Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).

Con respecto al SEA se requieren desarrollar las siguientes actividades de investigación:

- Estudiar los fundamentos de la limpieza de hoyo de alto ángulo.
- Estudiar flujo de saltación en operaciones de perforación de hoyos alto ángulo.
- Elaborar el documento SEA que incluya información obtenida en las dos actividades previamente indicadas. Adicionalmente, este documento debe incluir todas las partes y aspectos establecidos en la Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).

Por otra parte, es necesario el desarrollo de una propuesta de metodología que permita dar “soporte en taladro”, incluyendo el desarrollo una propuesta de herramienta computacional necesaria para la aplicación de dicha metodología. Para el desarrollo de esta metodología se está considerando la ejecución de las siguientes actividades:

- Estudiar como realizan este tipo de seguimiento otras empresas.
- Desarrollar propuesta de herramienta computacional necesaria para aplicar la metodología.
- Desarrollar propuesta de metodología que permita dar “soporte en taladro”.

Asimismo, es necesario sean generados propuestas de manuales, de planificación y de operaciones, de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas, manuales cuya realización se apoye en las actividades previas, para ser utilizados en conjunto con la metodología y la herramienta computacional necesaria para su uso, para lo cual se plantean las siguientes actividades:

- Estudiar características de manuales de planificación y de operaciones de perforación de otras empresas.
- Elaborar propuesta de manual de planificación de perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas.
- Elaborar propuesta de manual de operaciones de perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas.
- Elaborar informe ejecutivo asociado a propuestas de metodología, herramienta computacional y manuales, que describa si estas propuestas están en capacidad de ser validadas en taladro en operaciones de perforación.

Con el propósito de validar la propuesta de metodología, la propuesta de herramienta computacional necesaria para su aplicación, y las propuestas de manuales, así como también validar la aplicabilidad en formaciones no consolidadas de recomendaciones dadas por empresas asesoras dedicadas a la perforación de hoyos de alto ángulo y a la evaluación de prácticas operacionales (uso de píldoras de barrido y sacada de la sarta de perforación del hoyo en *backreaming*) utilizadas en los pozos de la FPO, se plantea la realización de

seguimientos operacionales durante la perforación de hoyos horizontales (uno por cada una de las cuatro Divisiones de la FPO de modo de, a su vez, tomar estadística), para lo cual se proponen las siguientes actividades:

- Coordinar con áreas operacionales la logística necesaria para realizar los seguimientos operacionales.
- Realizar seguimiento operacional durante la perforación de un hoyo horizontal. División Carabobo.
- Realizar seguimiento operacional durante la perforación de un hoyo horizontal. División Ayacucho.
- Realizar seguimiento operacional durante la perforación de un hoyo horizontal. División Junín.
- Realizar seguimiento operacional durante la perforación de un hoyo horizontal. División Boyacá.
- Elaborar Informe Técnico asociado a seguimientos operacionales realizados.

Una vez realizado los seguimientos operacionales, y en base a las lecciones aprendidas en los mismos, se plantea la realización de las siguientes actividades:

- Realizar ajustes, en base a seguimientos operacionales, a propuesta de herramienta computacional. De ser necesario.
- Realizar ajustes, en base a seguimientos operacionales, a propuesta de metodología. De ser necesario.
- Elaborar Informe Técnico asociado a metodología y a la herramienta computacional, ya ajustada y/o validada en base a los seguimientos operacionales.

Asimismo, en base a las lecciones aprendidas de los seguimientos, se plantean las siguientes actividades con relación a los manuales de planificación y de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas:

- Realizar ajustes a propuesta de manual de planificación de perforación. De ser necesario.
- Concluir manual de planificación de perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas.
- Realizar ajustes a propuesta de manual de operaciones de perforación. De ser necesario.
- Concluir manual de operaciones de perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas.
- Informe ejecutivo asociado a la metodología, herramienta computacional y a los manuales, que describa si los mismos están listos para ser aplicado en campo en operaciones de perforación, o si existen puntos de atención.

Una vez validada la metodología, la herramienta computacional necesaria para su aplicación y los manuales de planificación y de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas se propone la realización de una prueba piloto para poner en práctica y, a la vez, evaluar la transferencia de conocimiento a personal del área operacional de la información que se haya levantado a lo largo del proyecto.

Como punto de partida para la transferencia de conocimiento se propone la elaboración del material para el dictado de curso asociado a la información que se haya levantado hasta ese momento a lo largo de la ejecución del proyecto, para lo cual se plantean las siguientes actividades:

- Recopilar y seleccionar información a incluir en el curso.

- Elaborar material para curso asociado a información a levantar durante la ejecución del proyecto.

Una vez elaborado el material para el dictado del curso, se propone la siguiente actividad:

- Dictado de dos sesiones del curso al personal asociado a esta prueba (dos sesiones considerando que hay personal que labora por guardia, buscando la mayor participación). Complementar con campaña de promoción de la actividad vía correo electrónico al personal relacionado con la prueba piloto. Campaña que busque que todos se involucren con el proyecto, conozcan su importancia y sepan que debe hacer cada uno de ellos para la correcta implementación de la metodología, herramienta computacional y los manuales. Esta actividad incluye la selección del campo y de la localización en la cual se realizará la prueba piloto, lo cual debe ser acordado con el área operacional. Dicha área debe haber manifestado su interés. De esta manera se define el personal que estará asociado a la prueba piloto y que debe ver el curso.

Una vez que el personal de PDVSA de las áreas operacionales asociados a la perforación del hoyo horizontal donde se realizará la prueba piloto haya recibido el curso, se plantean las siguientes actividades para la realización de la prueba:

- Coordinar con área operacional la logística necesaria para realización de prueba piloto.
- Realizar prueba piloto. El Personal de PDVSA Intevep estará presente evaluando la correcta aplicación de la metodología, herramienta computacional y manuales.
- Realizar Informe Técnico asociado a prueba piloto.

Por último, una vez realizada la prueba piloto, de modo de documentar la información que se haya levantado a lo largo de todo el proyecto, se plantean las siguientes actividades:

- Recopilar y seleccionar información que se haya levantado en el proyecto.
- Elaborar Informe Técnico final del proyecto.

5.4 Planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio

A continuación, se presentan los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto, específicamente se abordan los planes asociados a: Gestión del Alcance, Gestión del Cronograma, Gestión de los Costos y Gestión de los Riesgos. Se incluye los aspectos asociados a sus procesos de planificación.

Para el desarrollo de los planes mostrados en esta sección se utilizó el juicio de expertos, en el que se consideró la pericia de individuos que laboran en PDVSA Intevep con capacitación y conocimiento especializados en el área de estudio, así como también se consideró las herramientas y técnicas recomendadas por el PMI (2017).

Con una adecuada formulación del proyecto en estudio existe la posibilidad de influenciar los costos y tiempos del mismo en una etapa que implica costos pequeños en comparación con los costos asociados a la ejecución del proyecto.

5.4.1 Gestión del Alcance

En esta sección se incluye la información necesaria para garantizar que el proyecto contenga todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completarlo con éxito.

Planificar la Gestión del Alcance

A continuación, se documenta cómo se va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto y de los productos, lo cual proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionará el alcance a lo largo del proyecto.

Esta planificación se basa en herramientas y técnicas como el juicio de expertos donde se consideró la pericia de individuos que laboran en PDVSA Intevep con capacitación y conocimiento especializados en el área de estudio, y se apoya en información histórica contenida en los activos de los procesos de la organización y en factores ambientales relevantes de la empresa.

Asimismo, esta sección se apoya en las anteriores en las que se estableció con mayor profundidad la orientación del proyecto y se establecieron las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología, a partir de las cuales se creará el EDT/WBS.

Cada actividad tendrá un coordinador que será designado por el jefe de proyecto. Una persona podrá ser coordinador de varias actividades.

Por otra parte, cada actividad, una vez haya iniciado hasta su finalización, debe ser reportada por parte del coordinador de la actividad al jefe de proyecto en reuniones semanales, indicando los avances de la misma en contraste con lo planificado para la fecha, quien además soportará esta información en avances semanales enviados vía correo electrónico, posterior a la reunión semanal, al jefe de proyecto.

Asimismo, al finalizar cada actividad debe enviarse un correo electrónico donde se especifique resultados obtenidos en la misma, que será recibido y aprobado tanto por el jefe de proyecto como por el Gerente de PRCP.

La aceptación formal de los entregables será responsabilidad del jefe de proyecto, quien además será el responsable de aprobar, en conjunto con el Gerente de PRCP, cualquier cambio que sea necesario, y es responsabilidad del jefe de proyectos informar a todos los integrantes del proyecto del referido cambio y su impacto en las actividades.

Para la recopilación de los requisitos se entrevista a personal de PDVSA del área operacional, de la FPO, tanto de ingeniería como de operaciones, y se prioriza en

base ajuicio de expertos, buscando dar mayor prioridad a los requisitos que proporcionen mayor beneficio a la Corporación.

Recopilar Requisitos

En esta sección se determina, documenta y gestiona las necesidades y los requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto, lo cual proporcionará base para definir el alcance de los productos y el alcance del proyecto.

Con relación a las herramientas y técnicas utilizadas para recopilar los requisitos se utilizó entrevistas, a personal del área operacional de PDVSA que labora específicamente en la FPO, juicio de expertos y tormenta de ideas en las que se consideró la pericia de individuos que tienen conocimientos especializados en el área que se aborda en esta investigación y en recolección, análisis y documentación de requisitos.

Adicionalmente, esta recopilación se apoya en información histórica contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales relevantes de la empresa, y en información mostrada en el punto anterior (Planificar la Gestión del Alcance).

Esta documentación describe cómo los requisitos individuales cumplen con las necesidades de negocio del proyecto, y cómo estos son inequívocos (medibles y comprobables), trazables, completos, coherentes y aceptables para los interesados.

A continuación, en Tabla 4 se presenta una lista en la que se muestra los requisitos, así como la prioridad de cada uno de ellos. Para su elaboración se realizó entrevistas a personal del área operacional de PDVSA, que labora específicamente en la FPO, y se priorizó en base ajuicio de expertos, dando mayor importancia a los que proporcionan mayor beneficio a la Corporación.

Tabla 4. Lista de requisitos

	Descripción del requisitos	Prioridad	Característica
1	Metodología para dar "soporte en taladro"	Alta	Informe Técnico
2	Herramienta computacional necesaria para dar soporte en taladro	Alta	Hoja de calculo
3	Manual de planificación de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas	Alta	Manual
4	Manual de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas	Alta	Manual
5	Elaborar material para el dictado de curso asociado a la metodología, herramienta computacional y manuales a desarrollar a lo largo del proyecto	Media	Presentación

Definir el Alcance

A continuación, se presentará una descripción detallada del alcance, lo cual tiene como beneficio que describe la delimitación del resultado y los criterios de aceptación.

Esta definición de alcance está basada en herramientas y técnicas como juicio de expertos, en el que se consideró la pericia de individuos que tienen conocimientos y experiencia en proyectos en la FPO, y se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales relevantes de la empresa, en información mostrada en los puntos anteriores (Planificar la Gestión del Alcance y Recopilar requisitos) y en la sección 5.3 Actividades requeridas para el desarrollo de la metodología.

Aquí se presenta una descripción del alcance, de los entregables principales del proyecto. Esto proporciona la línea base para determinar si las solicitudes de

trabajo adicional o de cambio se encuentran dentro o fuera de los límites del proyecto.

A continuación, se lista el alcance del proyecto, el cual ha sido dividido en cuatro fases:

- Fase 1: Estudios que servirán como punto de partida para la realización de la metodología. Tendrá dos entregables, los cuales son:
 - o Sistema de Inteligencia Tecnológica dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo. Este documento debe incluir la evolución de la perforación horizontal, las tendencias mundiales en esta área y las tecnologías necesarias para dar “soporte en taladro”. Adicionalmente, éste debe incluir todas las partes y aspectos que establece para este tipo de documentos la Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).
 - o Informe del Sistema de Estado del Arte dedicado al flujo de saltación (transporte de ripios) en los hoyos de alto ángulo. Este documento debe incluir los fundamentos de la limpieza de hoyos de alto ángulo durante su perforación y un estudio del flujo de saltación en operaciones de perforación horizontal. Asimismo, este documento debe incluir todas las partes y aspectos que establece para este tipo de documentos la Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).
- Fase 2: Propuestas de metodología, herramienta computacional y de recomendaciones asociadas a la perforación, la cual tendrá a su vez cuatro entregables, los cuales se describen a continuación:
 - o Propuesta de herramienta computacional necesaria para aplicar la metodología. Hoja de cálculo que deberá permitir el ingreso de

datos, que se van a obtener durante las operaciones, asociados a variables de importancia para la perforación de hoyos de alto ángulo. Las variables a considerar y los gráficos que debe disponer la herramienta computacional deberán ser establecidos durante el desarrollo de la misma, la cual estará basada en una revisión documental. Buscando ser atractiva para los interesados, esta herramienta debe ser de fácil utilización e interpretación.

- o Presentación de propuesta de metodología que permita dar “soporte en taladro”, incluye descripción de propuesta de herramienta computacional. La propuesta de metodología deberá estar basada en una revisión documental que tendrá como objetivo el conocer como realizan este tipo de seguimientos empresas dedicadas a la perforación de pozos horizontales a nivel mundial. Esta metodología debe apoyar la toma de decisiones durante las operaciones de perforación al permitir inferir las condiciones del hoyo de alto ángulo analizando las parámetros graficados (valores reales de parámetros operacionales tomados durante la perforación y simulaciones previamente realizadas de esos parámetros) en la herramienta computacional. De modo de ser atractiva para los interesados, esta metodología debe ser de fácil utilización y debe operar con las tecnologías y equipos disponibles, en la actualidad, por parte de PDVSA en sus operaciones de modo de reducir costos asociados a su implementación. La presentación deberá incluir una sección dedicada a describir la propuesta de herramienta computacional.
- o Propuesta de manual de planificación de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas. Deberá plasmar recomendaciones asociadas a la planificación de la perforación de los próximos pozos horizontales en arenas no consolidadas a construir en la FPO. Estará basado en una revisión documental que tendrá como objetivo conocer estructura y características de los

manuales de este tipo que utilizan empresas dedicadas a la perforación de pozos horizontales a nivel mundial.

- o Propuesta de manual de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas. Debe incluir recomendaciones referidas a las operaciones de perforación de pozos horizontales en arenas no consolidadas a construir en la FPO. Igualmente, estará basado en una revisión documental que tendrá como objeto conocer la estructura y las características de los manuales de este tipo que utilizan empresas dedicadas a la perforación de pozos horizontales.
- Fase 3: Validación en operaciones de recomendaciones, prácticas y parámetros operacionales, metodología, herramienta computacional y manuales. La cual constará de cinco entregables que se detallan a continuación:
 - o Informe Técnico que documente lecciones aprendidas de la realización de seguimientos operacionales a realizar durante la perforación de hoyos horizontales (uno por cada una de las cuatro Divisiones de la FPO). Estos seguimientos tienen como objeto validar la aplicabilidad en formaciones no consolidadas de recomendaciones dadas por empresas asesoras dedicadas a la perforación de hoyos de alto ángulo y a la evaluación de prácticas y parámetros operacionales utilizados en la perforación de la fase horizontal de los pozos de la FPO, así como la validación de la propuesta de metodología que permita dar “soporte en taladro”, incluyendo su herramienta computacional, y la validación de los manuales (de planificación y de operaciones) de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas. Al finalizar los seguimientos operacionales se debe generar este informe, el cual debe reflejar los resultados y lecciones aprendidas de los

seguimientos, y en él se debe resaltar, en caso de ser necesario, las modificaciones que sean requeridas en las propuestas de: metodología, herramienta computacional y manuales de planificación y de operaciones de perforación.

- o Herramienta computacional. Tendrá como punto de partida la propuesta de herramienta computacional, que podrá sufrir modificaciones y ser ajustada, de ser necesario, en base a las lecciones aprendidas de los seguimientos operacionales.
- o Informe Técnico de la metodología y de la herramienta computacional. Tendrá como punto de partida la propuesta de metodología, que podrá sufrir modificaciones y ser ajustada, en caso de ser necesario, en base a las lecciones aprendidas de los seguimientos operacionales. Este documento deberá incluir una sección dedicada a describir la herramienta computacional requerida para aplicar la metodología y un anexo que sea un manual de uso de dicha herramienta. Este manual debe ser claro y conciso buscando sea sencillo el conocer como se utiliza la herramienta computacional, esto con la intención de que el uso de la metodología y herramienta computacional resulte atractiva para los involucrados.
- o Manual de planificación de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas. Para este punto se tiene como punto de partida la propuesta de este manual, que podrá sufrir modificaciones y ser ajustada en base a las lecciones aprendidas de los seguimientos operacionales, de ser necesario.
- o Manual de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas. Para este punto se tiene como punto de partida la propuesta de este manual, y en caso de ser requerido podrá sufrir modificaciones, en base a las lecciones aprendidas de los seguimientos operacionales.

- Fase 4: Transferencia de conocimiento – Prueba piloto, que tendrá cuatro entregables, los cuales son:
 - o Material para el dictado de curso asociado a la información a levantar a lo largo del proyecto. Este constará de una presentación planificada para ser mostrada en 80 horas (10 días), y que al menos debe incluir información del Sistema de Inteligencia Tecnológicas dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo, del Informe del Sistema de Estado del Arte dedicado al flujo de saltación (transporte de ripios) en los hoyos de alto ángulo, de la metodología, incluyendo la herramienta computacional necesaria para su aplicación, de los manuales de planificación y operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas y de las lecciones aprendidas de los seguimientos realizados incluyendo los resultados de la validación de la aplicabilidad en formaciones no consolidadas de recomendaciones dadas por empresas dedicadas a perforación de hoyos de alto ángulo y a la evaluación de prácticas operacionales utilizadas en los pozos de la FPO.
 - o Capacitación a personal de PDVSA que participará en la prueba piloto de información que se haya levantado a lo largo del proyecto. Se plantea la realización de dos sesiones del curso a desarrollar considerando que parte de dicho personal labora por guardias, buscando garantizar la mayor participación. Se debe complementar con campaña de promoción de la actividad vía correo electrónico a personal asociado a la prueba piloto, buscando que todos estén involucrados en la actividad, conozcan su importancia y sepan que deben hacer para la correcta implementación de la metodología, herramienta computacional y los manuales.
 - o Informe ejecutivo de prueba piloto durante perforación de hoyo horizontal. En este informe se deben reflejar los resultados que se

obtengan en la prueba y explicar sí se logra el objetivo de la misma, que busca poner en práctica y, a la vez, evaluar la transferencia de conocimiento. Busca que el personal de ingeniería se apoye en el manual de planificación para la elaboración del programa de perforación y que el personal del taladro se apoye en el manual de operaciones de perforación para la construcción del pozo, que haga el “soporte en taladro” de su perforación utilizando metodología y herramienta computacional, y que el personal en general tenga un entendimiento (apoyándose en el curso asociado a la información a levantar a lo largo del proyecto) del comportamiento de los ripios en el hoyo lo cual conllevará a tomar mejores decisiones durante la perforación la fase horizontal.

- o Informe Técnico final del proyecto. Se requiere un documento que muestre resultados y lecciones aprendidas del proyecto, y genere recomendaciones a seguir por parte de PDVSA Intevep en cuanto a investigación en esta área de trabajo, específicamente, en la perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas.

Los entregables deben ser aceptados y aprobados por el jefe del proyecto, y los documentos deben estar en concordancia con la Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).

Es de resaltar que, en el proyecto a desarrollar se excluye la investigación en arenas consolidadas, en hoyos con ángulos menores a 65° de inclinación, en bajadas de revestidor o *liner*, y en las operaciones de cementación.

Crear la EDT/WBS

La estructura desagregada de trabajo EDT/WBS es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos. El trabajo planificado está contenido en el nivel más bajo de los componentes de la EDT/WBS, denominados paquetes de trabajo, el cual se puede utilizar para agrupar las actividades donde el trabajo es programado y estimado, y posteriormente seguido y controlado.

La EDT/WBS creada se basa en herramientas y técnicas como juicio de expertos, en el que se consideró la pericia de individuos que tienen conocimientos y experiencia en proyectos en la FPO, y se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales de la empresa, en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión del Alcance, Recopilar Requisitos y Definir el Alcance, así como en la sección 5.3 Actividades requeridas para el desarrollo de la metodología.

A continuación, en la Figura 16 se muestra la EDT/WBS del proyecto que se formuló en esta investigación.

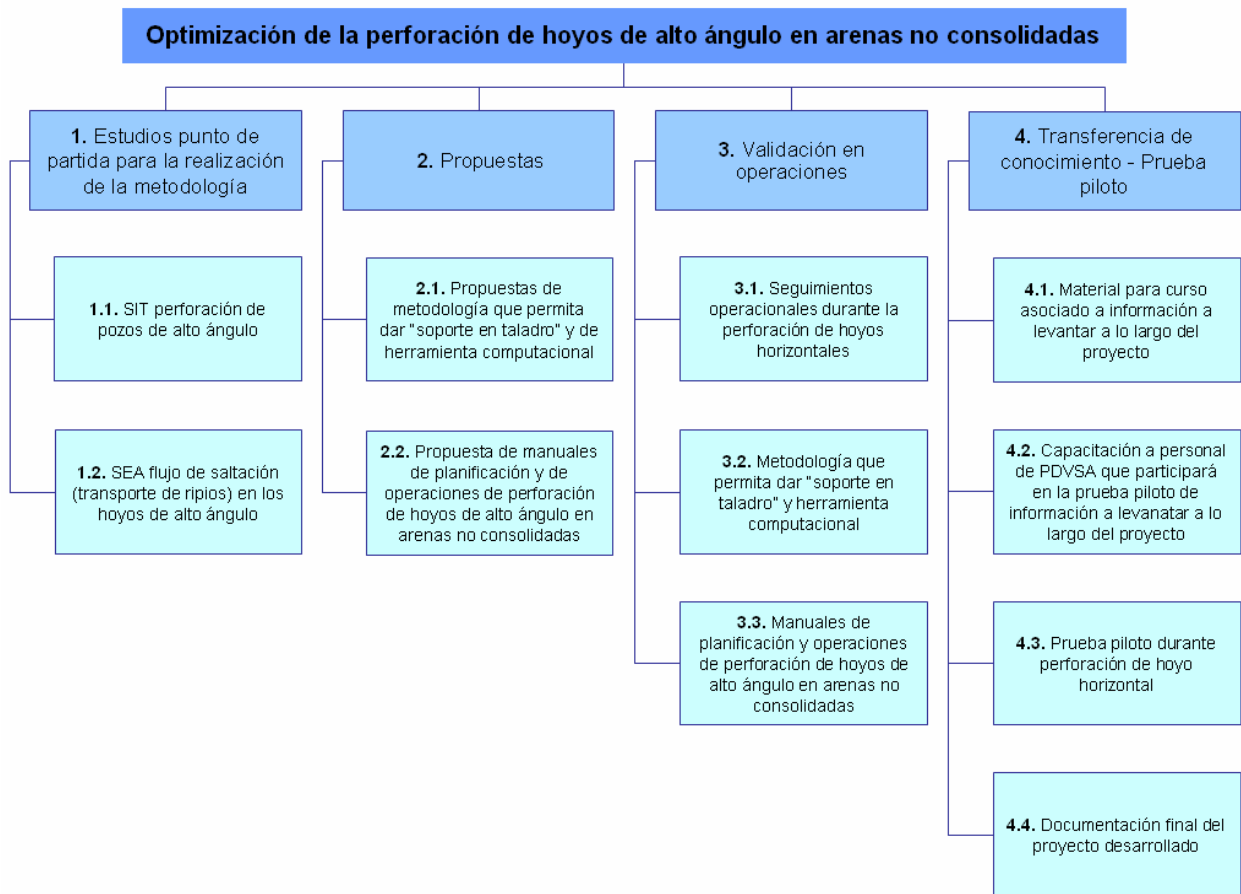


Figura 16. Estructura desagregada de trabajo del proyecto formulado

5.4.2 Gestión del Cronograma

En esta sección se presenta información requerida para administrar la finalización del proyecto a tiempo.

Planificar la Gestión del Cronograma

En este punto se establecen las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto, lo cual proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionará el cronograma a lo largo del proyecto.

Esta planificación se basa en herramientas y técnicas como juicio de expertos y reuniones en las que se consideró la pericia de individuos que laboran en PDVSA Intevep con capacitación y conocimiento especializados en el área de estudio, así como en desarrollo, gestión y control de cronograma, y se apoya en información histórica contenida en los activos de los procesos de la organización y en factores ambientales relevantes de la empresa.

Teniendo las actividades requeridas (sección 5.3 Actividades requeridas para el desarrollo de la metodología), se debe hacer una lista con las mismas y luego teniendo en cuenta las restricciones del proyecto se deben identificar las relaciones entre ellas, es decir, definir la secuencia lógica de trabajo y convertir dicha lista de actividades en un diagrama de red.

Para estimar la duración de las actividades del proyecto, lo que trae como beneficio el establecimiento de la cantidad de tiempo requerido para culminarlo, se planteó utilizar la técnica de estimación análoga, en la que se utiliza datos históricos de actividades y proyectos similares. La unidad de medida para el tiempo fue: meses.

El cronograma se presenta en forma de diagrama de red, y para su desarrollo se analizan las secuencias de las actividades, sus duraciones, requisitos de recursos y sus restricciones, y se crea un modelo que debe tener fechas planificadas para completar las actividades del proyecto.

Una vez iniciado el proyecto, se debe generar semanalmente un cronograma actualizado del proyecto a partir del modelo de programación completado con los datos actualizados del cronograma para reflejar los cambios del mismo y gestionar el proyecto.

Definir actividades

En este punto se identifican y documentan las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto, aquí se descomponen los paquetes de trabajo en actividades del cronograma lo cual proporciona una base para la estimación, programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo a realizar en el proyecto.

Con relación a las herramientas y técnicas utilizadas para definir las actividades se utilizó juicio de expertos y reuniones en las que se consideró la pericia de individuos que tienen conocimientos especializados en el área que se aborda en esta investigación.

Adicionalmente, esta definición se apoya en información histórica contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales de la empresa, en información mostrada en el punto anterior (Planificar la Gestión del Cronograma) y en la sección 5.3 Actividades requeridas para el desarrollo de la metodología.

A continuación, en la Tabla 5 se muestra la lista de actividades, para cada uno de los paquetes de trabajo, necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 5. Lista de actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto

Paquetes de Trabajo con sus actividades	
1.1	Sistema de Inteligencia Tecnológica Perforación de pozos de alto ángulo
1.1.1	Estudiar la evolución de perforación de pozos de alto ángulo
1.1.2	Identificar tendencias mundiales
1.1.3	Identificar tecnologías necesarias para automatizar el soporte en taladro
1.1.4	Elaborar documento SIT
1.2	Informe del Sistema de Estado del Arte Flujo de saltación en los hoyos alto ángulo
1.2.1	Estudiar limpieza de hoyo de alto ángulo
1.2.2	Estudiar flujo de saltación en operaciones de perforación de hoyos alto ángulo
1.2.3	Elaborar documento SEA
2.1	Propuestas de metodología que permita dar "soporte en taladro" y de herramienta computacional
2.1.1	Estudiar como realizan este tipo de seguimiento otras empresas
2.1.2	Desarrollar propuesta de herramienta computacional necesaria para aplicar metodología
2.1.3	Desarrollar propuesta de metodología que permita dar "soporte en taladro"
2.2	Propuestas de manuales de planificación y de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas
2.2.1	Estudiar características de manuales de planificación y perforación
2.2.2	Propuesta de manual de planificación de perforación
2.2.3	Propuesta de manual de operaciones de perforación
2.2.4	Informe ejecutivo de propuestas de metodología, herramienta computacional y manuales
3.1	Seguimientos operacionales durante la perforación de hoyos horizontales
3.1.1	Coordinar con áreas operacionales logística para realizar los seguimientos
3.1.2	Realizar seguimiento durante perforación de hoyo horizontal. División Carabobo
3.1.3	Realizar seguimiento durante perforación de hoyo horizontal. División Ayacucho
3.1.4	Realizar seguimiento durante perforación de hoyo horizontal. División Junín
3.1.5	Realizar seguimiento durante perforación de hoyo horizontal. División Boyacá
3.1.6	Elaborar Informe Técnico asociado a seguimientos realizados
3.2	Metodología que permita dar "soporte en taladro" y herramienta computacional
3.2.1	Realizar ajustes a herramienta computacional propuesta
3.2.2	Realizar ajustes a metodología propuesta
3.2.3	Elaborar Informe Técnico asociado a metodología y herramienta computacional
3.3	Manuales planificación y operaciones perforación alto ángulo arenas no consolidadas
3.3.1	Realizar ajustes a propuesta de manual de planificación de perforación
3.3.2	Manual de planificación de perforación alto ángulo en arenas no consolidadas
3.3.3	Realizar ajustes a propuesta de manual de operaciones de perforación
3.3.4	Manual de operaciones de perforación alto ángulo en arenas no consolidadas
3.3.5	Informe ejecutivo asociado a la metodología, herramienta computacional y manuales
4.1	Material para curso asociado a información levantada a lo largo del proyecto
4.1.1	Recopilar y seleccionar información a incluir en el curso
4.1.2	Elaborar material para curso asociado a la información levantada en el proyecto
4.2	Capacitación a personal de PDVSA que participará en la prueba piloto de información levantada a lo largo del proyecto
4.2.1	Dictado de dos sesiones de curso desarrollado
4.3	Prueba piloto durante perforación de hoyo horizontal
4.3.1	Coordinar con área operacional logística para realización de prueba piloto
4.3.2	Realizar prueba piloto
4.3.3	Realizar Informe Técnico de prueba piloto realizada
4.4	Documentación final del proyecto
4.4.1	Recopilar y seleccionar información levantada en el proyecto
4.4.2	Elaborar Informe Técnico final del proyecto desarrollado

Secuenciar las actividades

En este punto se identifican las relaciones entre las actividades, es decir, se define la secuencia lógica de trabajo para tener la máxima eficiencia teniendo en cuenta las restricciones del proyecto.

Secuenciar las actividades se concentra en convertir las actividades del proyecto de una lista a un diagrama.

Este punto se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales de la empresa y en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión del Cronograma y Definir Actividades. En cuanto a las herramientas y técnicas se utiliza el método de diagramación por precedencias.

A continuación, en la Figura 17 se presenta el diagrama de red del proyecto formulado, el cual es una representación gráfica de las relaciones lógicas, conocidas también como dependencias, entre las actividades del proyecto.

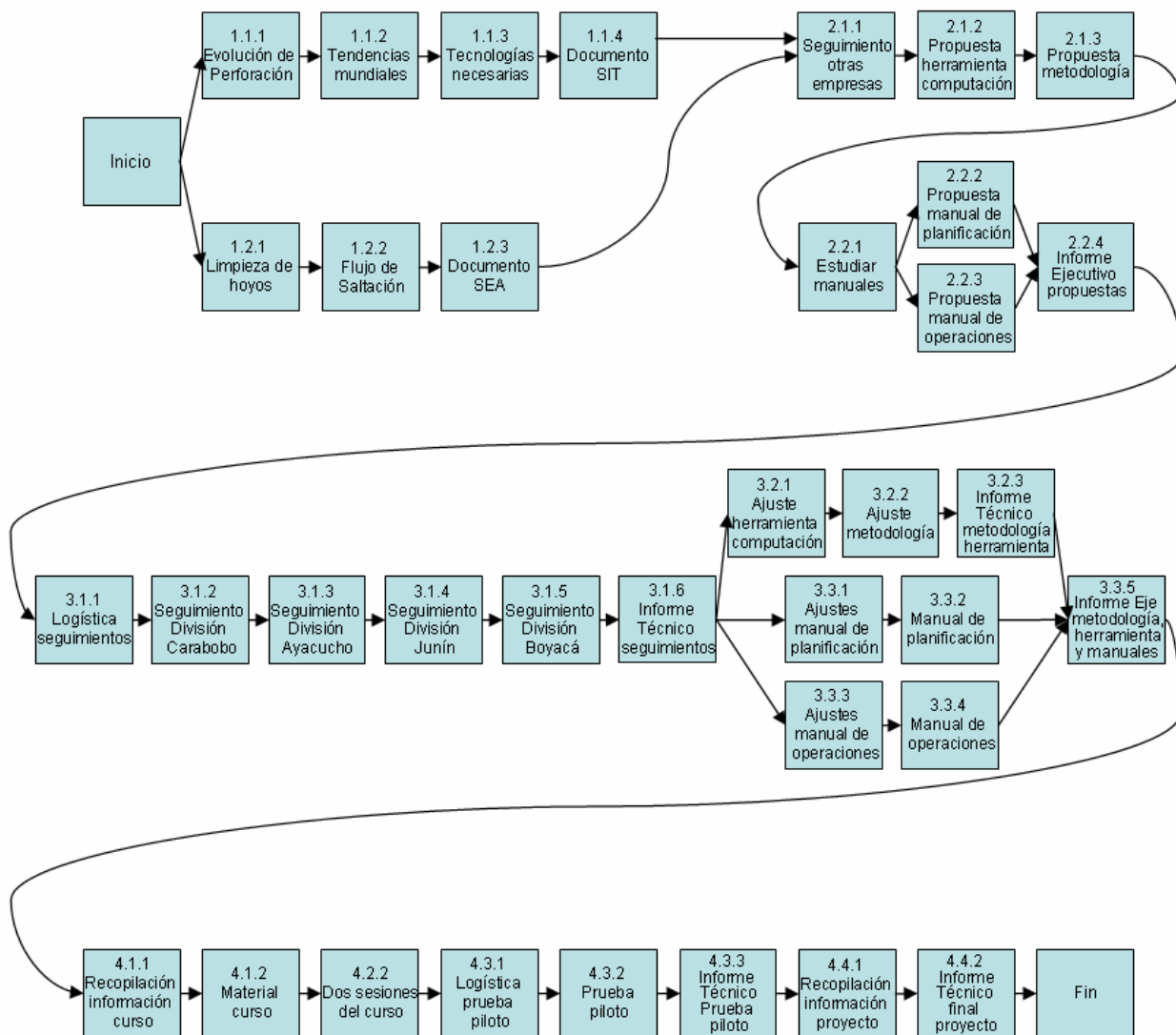


Figura 17. Diagrama de red del proyecto formulado

Estimar duración de las actividades

En este punto se realiza una estimación de la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados, lo que trae como beneficio el establecimiento de la cantidad de tiempo requerido para finalizar dichas actividades.

La estimación de la duración de las actividades está basada en herramientas y técnicas como juicio de expertos y reuniones en las que se consideró la pericia de individuos que tienen conocimientos y experiencia en proyectos en la FPO y en desarrollo, gestión y control de cronogramas, asimismo, se utilizó la técnica de estimación análoga, en la que se toman en cuenta datos históricos de actividades y proyectos similares.

Esta estimación se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales relevantes de la empresa, en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión del Cronograma y Definir actividades, así como en la sección 5.4.1 Gestión del Alcance.

En la Tabla 6 se muestra la estimación de la duración de las actividades del proyecto que se formuló.

Tabla 6. Estimación de la duración de las actividades

	Paquetes de Trabajo con actividades	Duración (meses)
1.1	Sistema de Inteligencia Tecnológicas	
1.1.1	Evolución de perforación	1
1.1.2	Tendencias mundiales	2
1.1.3	Tecnologías necesarias	2
1.1.4	Documento SIT	1
1.2	Sistema de Estado del Arte	
1.2.1	Limpieza de hoyos	2
1.2.2	Flujo de saltación	2
1.2.3	Documento SEA	1
2.1	Propuesta de metodología, incluye herramienta computacional	
2.1.1	Seguimiento otras empresas	2
2.1.2	Propuesta de herramienta computacional	2
2.1.3	Propuesta metodología	2
2.2	Propuesta de manuales de planificación y de operaciones de perforación	
2.2.1	Estudiar manuales	1
2.2.2	Propuesta manual de planificación	2
2.2.3	Propuesta manual de operaciones	2
2.2.4	Informe ejecutivo propuestas	1
3.1	Seguimientos operacionales	
3.1.1	Logística seguimientos	1
3.1.2	Seguimiento División Carabobo	2
3.1.3	Seguimiento División Ayacucho	2
3.1.4	Seguimiento División Junín	2
3.1.5	Seguimiento División Boyacá	2
3.1.6	Informe Técnico seguimientos	1
3.2	Metodología y herramienta computacional	
3.2.1	Ajustes herramienta computacional	1
3.2.2	Ajustes metodología	1
3.2.3	Informe Técnico metodología	1
3.3	Manuales planificación y operaciones	
3.3.1	Ajustes manual de planificación	1
3.3.2	Manual de planificación	1
3.3.3	Ajustes manual de operaciones	1
3.3.4	Manual de operaciones	1
3.3.5	Informe ejecutivo metodología - manuales	1
4.1	Material para curso información levantada	
4.1.1	Recopilación información curso	1
4.1.2	Material curso	2
4.2	Capacitación a personal que participará en prueba piloto de información levantada	
4.2.1	Dos sesiones del curso	1
4.3	Prueba piloto	
4.3.1	Logística prueba piloto	1
4.3.2	Prueba piloto	2
4.3.3	Informe Técnico prueba piloto	1
4.4	Documentación final del proyecto	
4.4.1	Recopilación información proyecto	1
4.4.2	Informe Técnico final proyecto	1

Desarrollar el cronograma

En este punto se analizan la secuencia de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma con la intención de crear un modelo de programación para la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto, modelo que tendrá fechas planificadas para completar las actividades del proyecto.

El desarrollo del cronograma se basa en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales relevantes de la empresa, en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión del Cronograma, Definir actividades, Secuenciar actividades, Estimar duración de las actividades, así como en la sección 5.4.1 Gestión del Alcance.

A continuación, en la Figura 18 se muestra el diagrama de red del cronograma del proyecto formulado. En esta figura se observa que, de acuerdo a lo planificado en esta formulación, el proyecto iniciaría el 14 de enero de 2019 y finalizaría el 07 de febrero de 2022. En la planificación se consideró que cada mes era de 28 días.

Para un análisis más completo del cronograma, en la etapa de planificación definitiva del proyecto, se recomienda apoyándose en el PMI. (2017) completar con el método de la ruta crítica (p. 210,211), optimización de recursos (p. 211, 212) y análisis de datos (p. 213, 214).

5.4.3 Gestión de los Costos

En esta sección se presenta información que fue necesaria para determinar el presupuesto del proyecto que se formuló, incluye puntos asociados a Planificar la Gestión de los Costos, Estimar los Costos y Determinar el Presupuesto.

Planificar la Gestión de Costos

En este punto se definirá como se estimarán, presupuestarán, gestionarán, monitorearán y controlarán los costos del proyecto.

Con relación a las herramientas y técnicas utilizadas para planificar la gestión de los costos se utilizó juicio de expertos y reuniones en el que se consideró la pericia de individuos que tienen conocimientos especializados en el área que se aborda en esta investigación. Adicionalmente, esta planificación se apoya en información histórica contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales de la empresa, en estimaciones de los sueldos del personal de PDVSA Intevep y en información mostrada en las secciones 5.4.1 Gestión del Alcance y 5.4.2 Gestión del Cronograma.

Los costos serán expresados en bolívares, estimados a julio de 2018, fecha de elaboración de esta sección. En la etapa de planificación definitiva del proyecto se recomienda realizar un análisis más completo de los costos considerando el efecto de la inflación.

Para la estimación de costos probables es necesario definir el personal requerido para cada una de las actividades. Cabe destacar que, las actividades serán desarrolladas por personal de PDVSA Intevep. Asimismo, es necesaria la estimación de la logística para movilizaciones asociadas a seguimientos operacionales en taladro, al dictado de sesiones del curso y a la aplicación de la prueba piloto.

Se estimarán costos para las actividades, para los paquetes de trabajo y para el proyecto en general.

Se propone el utilizar el análisis del valor ganado durante el proceso de controlar los costos. Los resultados del análisis del valor ganado deben documentarse y comunicarse a los interesados mensualmente.

Las estimaciones de costos deben ser actualizadas mensualmente para reflejar la eficiencia real del costo para el proyecto.

Estimar los Costos

A continuación, se desarrolla una evaluación cuantitativa de los costos probables de los recursos necesarios para completar la actividad.

La estimación de los costos está basada en herramientas y técnicas como juicio de expertos, reuniones y en estimación análoga, en la que se utiliza valores o atributos (alcance, duración, medidas de escala, etc.) de un proyecto anterior que son similares al proyecto actual.

Adicionalmente, esta estimación se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales de la empresa, en información mostrada en el punto Planificar la Gestión de Costos, así como en las secciones 5.4.1 Gestión del Alcance y 5.4.2 Gestión del Cronograma.

Para efectos de la estimación de los costos se está considerando que son necesarios dos profesionales de la Pericia de Mecánica de Perforación y Rehabilitación de Pozos de PDVSA Intevep, con experiencia en proyectos en la FPO y con mínimo diez años de experiencia en perforación de pozos para cada uno de los siguientes paquetes de trabajo:

- Sistema de Inteligencia Tecnológica asociado a Perforación de pozos de alto ángulo.
- Informe del Sistema de Estado del Arte de Flujo de saltación en los hoyos alto ángulo.

- Propuestas de metodología que permita dar “soporte en taladro” y de herramienta computacional necesaria para su aplicación.
- Propuestas de manuales de planificación y de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.

Con referencia a los seguimientos operacionales durante la perforación de hoyos horizontales (uno por cada una de las cuatro Divisiones de la FPO), se está considerando para cada seguimiento la participación de tres profesionales, con guardias de ocho horas diarias durante las operaciones, dos de la Pericia de Mecánica de Perforación y Rehabilitación de Pozos y uno de la Pericia de Fluidos de Perforación de PDVSA Intevep, con experiencia en proyectos en la FPO y con mínimo diez años de experiencia en perforación de pozos, y considerando para los tres profesionales traslado ida y vuelta, sede de PDVSA Intevep en Los Teques – taladro de perforación, lo que incluye boleto aéreo Maiquetía – aeropuerto más cercano al taladro de perforación, y los taxis hacia y desde los aeropuertos.

Para efecto de la estimación de costos se considerará que se requiere repetir cada seguimiento, ya que por diversas razones tal eventualidad pudiera ocurrir con algún seguimiento, por ejemplo, por alguna falla en la recolección de la información durante el desarrollo del mismo, o por algún error en la planificación de éste (analizado con más detalle en la sección 5.4.4 Gestión de los Riesgos). En tales situaciones el costo de repetir el seguimiento estaría considerado en el presupuesto.

La coordinación con las áreas operacionales de la logística para la realización de los seguimientos será realizada desde la sede de PDVSA Intevep en Los Teques, Estado Miranda, misma sede en donde se realizará el Informe Técnico asociado a estos seguimientos.

Asimismo, se está considerando dos profesionales de la Pericia de Construcción y Mantenimiento de Pozos de PDVSA Intevep, con experiencia en proyectos en la

FPO y con mínimo diez años de experiencia en perforación para los siguientes paquetes de trabajo:

- Metodología que permita dar “soporte en taladro” y herramienta computacional.
- Manuales de planificación y de operaciones de perforación de alto ángulo arenas no consolidadas.
- Material para curso asociado a información a levantar a lo largo del proyecto.
- Capacitación a personal de PDVSA que participará en la prueba piloto de información a levantar a lo largo del proyecto. Considerando para los dos profesionales de PDVSA Intevep que servirán como facilitadores de estos cursos: traslado ida y vuelta, sede de PDVSA Intevep en Los Teques – sitio donde se dictará el curso en el área operacional, lo que incluye boleto aéreo Maiquetía – aeropuerto más cercano al sitio donde se dictará el curso, y los taxis hacia y desde los aeropuertos, así como gastos para su permanencia en el sitio donde se dictará el curso.
 - o Para efecto de la estimación de estos costos se considerará que se requiere dictar un curso adicional, ya que por diversas razones tal eventualidad pudiera ocurrir, por ejemplo, por poca asistencia a los dos adiestramientos planificados (analizado con más detalle en la sección 5.4.4 Gestión de los Riesgos). En tales situaciones el costo de un curso adicional estaría considerado en el presupuesto.
 - o Los cursos se darían en forma continua, es decir, iniciaría uno a la siguiente semana de haber finalizado el anterior. Por lo que los profesionales de PDVSA Intevep viajarían al sitio donde se dictarán los cursos para el inicio del primero y regresarían al finalizar el último.

- Prueba piloto durante perforación de hoyo horizontal. La coordinación con las áreas operacionales de la logística para la realización de la prueba piloto y el Informe Técnico de dicha prueba serán realizados en la sede de PDVSA Intevep en Los Teques, Estado Miranda. Para la ejecución de la prueba se está considerando para los dos profesionales traslado ida y vuelta, sede de PDVSA Intevep en Los Teques – taladro de perforación, lo que incluye boleto aéreo Maiquetía – aeropuerto más cercano al taladro de perforación, y los taxis hacia y desde los aeropuertos.
 - o Para efecto de la estimación de estos costos se considerará que se requiere repetir la prueba, ya que por diversas razones tal eventualidad pudiera ocurrir, por ejemplo, por alguna falla en la recolección de la información durante su desarrollo, o por algún error en la planificación de la misma (analizado con más detalle en la sección 5.4.4 Gestión de los Riesgos). En tales situaciones el costo de repetir la prueba estaría considerado en el presupuesto.
- Documentación final del proyecto desarrollado.

A continuación, en la Tabla 7 se presenta un estimado de los costos para cada una de las actividades necesarias para completar el proyecto. Los costos que se presentan corresponden a julio de 2018.

Tabla 7. Estimado de los costos para cada una de las actividades

	Paquetes de Trabajo con actividades	Costo (Bs)
1.1	Sistema de Inteligencia Tecnológicas	
1.1.1	Evolución de perforación	300.000.000,00
1.1.2	Tendencias mundiales	600.000.000,00
1.1.3	Tecnologías necesarias	600.000.000,00
1.1.4	Documento SIT	300.000.000,00
1.2	Sistema de Estado del Arte	
1.2.1	Limpieza de hoyos	600.000.000,00
1.2.2	Flujo de saltación	600.000.000,00
1.2.3	Documento SEA	300.000.000,00
2.1	Propuesta de metodología, incluye herramienta computacional	
2.1.1	Seguimiento otras empresas	600.000.000,00
2.1.2	Propuesta de herramienta computacional	600.000.000,00
2.1.3	Protesta metodología	600.000.000,00
2.2	Propuesta de manuales de planificación y de operaciones de perforación	
2.2.1	Estudiar manuales	300.000.000,00
2.2.2	Propuesta manual de planificación	600.000.000,00
2.2.3	Propuesta manual de operaciones	600.000.000,00
2.2.4	Informe ejecutivo propuestas	300.000.000,00
3.1	Seguimientos operacionales	
3.1.1	Logística seguimientos	450.000.000,00
3.1.2	Seguimiento División Carabobo	2.272.000.000,00
3.1.3	Seguimiento División Ayacucho	2.272.000.000,00
3.1.4	Seguimiento División Junín	2.272.000.000,00
3.1.5	Seguimiento División Boyacá	2.272.000.000,00
3.1.6	Informe Técnico seguimientos	450.000.000,00
3.2	Metodología y herramienta computacional	
3.2.1	Ajustes herramienta computacional	300.000.000,00
3.2.2	Ajustes metodología	300.000.000,00
3.2.3	Informe Técnico metodología	300.000.000,00
3.3	Manuales planificación y operaciones	
3.3.1	Ajustes manual de planificación	300.000.000,00
3.3.2	Manual de planificación	300.000.000,00
3.3.3	Ajustes manual de operaciones	300.000.000,00
3.3.4	Manual de operaciones	300.000.000,00
3.3.5	Informe ejecutivo metodología - manuales	300.000.000,00
4.1	Material para curso información levantada	
4.1.1	Recopilación información curso	300.000.000,00
4.1.2	Material curso	600.000.000,00
4.2	Capacitación a personal que participará en prueba piloto de información levantada	
4.2.1	Dos sesiones del curso	1.059.000.000,00
4.3	Prueba piloto	
4.3.1	Logística prueba piloto	300.000.000,00
4.3.2	Prueba piloto	1.548.000.000,00
4.3.3	Informe Técnico prueba piloto	300.000.000,00
4.4	Documentación final del proyecto	
4.4.1	Recopilación información proyecto	300.000.000,00
4.4.2	Informe Técnico final proyecto	300.000.000,00

Determinar el Presupuesto

En este punto, se sumarán los costos estimados de las actividades individuales para establecer una línea base de costos.

La determinación del presupuesto se basa en herramientas y técnicas como juicio de expertos y en agregación de costos, en la cual las estimaciones de costos de las actividades se suman por paquetes de trabajo, de acuerdo con la EDT/WBS, luego las estimaciones de costo de los paquetes de trabajo se agregan a niveles superiores de la EDT/WBS (tales como cuentas de control) y finalmente para todo el proyecto.

Adicionalmente, la determinación del presupuesto se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales relevantes de la empresa, en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión de Costos y Estimar los Costos, así como en las secciones 5.4.1 Gestión del Alcance y 5.4.2 Gestión del Cronograma.

En la Tabla 8 se muestra el presupuesto del proyecto formulado, así como los costos de las actividades, de los paquetes de trabajo y de cuentas de control por fase. En esta tabla se observa que el presupuesto del proyecto, de acuerdo a las estimaciones de costo de esta formulación, es de 23.995.000.000,00 Bolívaes. Vale la pena destacar que, los costos estimados en esta sección corresponden a julio de 2018, fecha en la que la misma fue elaborada. En la etapa de planificación definitiva del proyecto se recomienda realizar un análisis más completo de los costos considerando el efecto de la inflación.

Dado que las estimaciones de costo están directamente ligadas a las actividades del cronograma, se puede disponer de una visión por fases temporales de los costos, que se representa típicamente en una curva S (gráfico del costo acumulativo en función del tiempo). En la etapa de planificación definitiva del proyecto se recomienda completar el presupuesto con una curva S, y utilizar el análisis del valor ganado durante el proceso de controlar los costos.

Tabla 8. Presupuesto del proyecto formulado

	Paquetes de Trabajo con actividades	Costo Actividad (Bs.)	Costo Paquete de trabajo (Bs.)	Cuentas de Control (Bs)
1.1	Sistema de Inteligencia Tecnológicas		1.800.000.000,00	3.300.000.000,00
1.1.1	Evolución de perforación	300.000.000,00		
1.1.2	Tendencias mundiales	600.000.000,00		
1.1.3	Tecnologías necesarias	600.000.000,00		
1.1.4	Documento SIT	300.000.000,00		
1.2	Sistema de Estado del Arte		1.500.000.000,00	
1.2.1	Limpieza de hoyos	600.000.000,00		
1.2.2	Flujo de saltación	600.000.000,00		
1.2.3	Documento SEA	300.000.000,00		
2.1	Propuesta metodología, herramienta comp		1.800.000.000,00	3.600.000.000,00
2.1.1	Seguimiento otras empresas	600.000.000,00		
2.1.2	Propuesta de herramienta computacional	600.000.000,00		
2.1.3	Propuesta metodología	600.000.000,00		
2.2	Propuesta de manuales		1.800.000.000,00	
2.2.1	Estudiar manuales	300.000.000,00		
2.2.2	Propuesta manual de planificación	600.000.000,00		
2.2.3	Propuesta manual de operaciones	600.000.000,00		
2.2.4	Informe ejecutivo propuestas	300.000.000,00		
3.1	Seguimientos operacionales		9.988.000.000,00	12.388.000.000,00
3.1.1	Logística seguimientos	450.000.000,00		
3.1.2	Seguimiento División Carabobo	2.272.000.000,00		
3.1.3	Seguimiento División Ayacucho	2.272.000.000,00		
3.1.4	Seguimiento División Junín	2.272.000.000,00		
3.1.5	Seguimiento División Boyacá	2.272.000.000,00		
3.1.6	Informe Técnico seguimientos	450.000.000,00		
3.2	Metodología y herramienta computacional		900.000.000,00	
3.2.1	Ajuste herramienta computacional	300.000.000,00		
3.2.2	Ajustes metodología	300.000.000,00		
3.2.3	Informe Técnico metodología	300.000.000,00	1.500.000.000,00	
3.3	Manuales planificación y operaciones			
3.3.1	Ajustes manual de planificación	300.000.000,00		
3.3.2	Manual de planificación	300.000.000,00		
3.3.3	Ajustes manual de operaciones	300.000.000,00		
3.3.4	Manual de operaciones	300.000.000,00		
3.3.5	Informe ejecutivo metodología - manuales	300.000.000,00	4.707.000.000,00	
4.1	Material para curso información levantada			900.000.000,00
4.1.1	Recopilación información curso	300.000.000,00		
4.1.2	Material curso	600.000.000,00		
4.2	Capacitación de información levantada			1.059.000.000,00
4.2.1	Dos sesiones del curso	1.059.000.000,00		2.148.000.000,00
4.3	Prueba piloto			
4.3.1	Logística prueba piloto	300.000.000,00		
4.3.2	Prueba piloto	1.548.000.000,00		
4.3.3	Informe Técnico prueba piloto	300.000.000,00		600.000.000,00
4.4	Documentación final del proyecto			
4.4.1	Recopilación información proyecto	300.000.000,00		
4.4.2	Informe Técnico final proyecto	300.000.000,00		
Presupuesto del Proyecto (Bs.)				23.995.000.000,00

5.4.4 Gestión de los Riesgos

En esta sección se lleva a cabo la planificación, identificación, análisis y planificación de respuesta de los riesgos del proyecto, buscando aumentar la probabilidad y/o impacto de los riesgos positivos y disminuir la probabilidad y/o impacto de los riesgos negativos, con el objeto de optimizar las posibilidades de éxito del proyecto.

Planificar la Gestión de los Riesgos

En este punto se definirá como realizar las actividades de gestión de riesgos del proyecto, buscando asegurar que el nivel, el tipo y la visibilidad de gestión de riesgos sean proporcionales tanto a los riesgos como a la importancia del proyecto para la organización y otros interesados.

La planificación de la gestión de los riesgos se basa en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales de la empresa, así como en las secciones 5.4.1 Gestión del Alcance, 5.4.2 Gestión del Cronograma y 5.4.3 Gestión de los Costos. En cuanto a las herramientas y técnicas se consideró el juicio de expertos y reuniones en donde se tomó en cuenta la pericia de individuos con experiencia en proyectos asociados a construcción de pozos horizontales en la FPO.

Una vez realizada la identificación de los riesgos, se realiza un análisis cualitativo de los mismos, en el que se evalúa la prioridad de los riesgos individuales del proyecto para análisis o acción posterior, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de los mismos.

En la Tabla 9 se presenta la definición de la probabilidad e impacto de los riesgos que se utilizará en el análisis cualitativo de riesgo, las cuales son definiciones para este proyecto. Estas escalas pueden utilizarse para evaluar las amenazas y las oportunidades mediante la interpretación de las definiciones de impacto como negativo para las amenazas (retardo, costo adicional y déficit en el alcance) y

positivo para las oportunidades (reducción de tiempo o del costo y mejora en el alcance).

Tabla 9. Definición para probabilidad e impactos

Escala	Probabilidad	Impactos sobre los objetivos del proyecto		
		Tiempo	Costo	Alcance
Muy alto	> 70%	> 20%	> 20%	Cambio altamente significativo en el alcance
Alto	51 - 70%	15 - 20%	15 - 20%	Cambio significativo en el alcance
Mediano	31 - 50%	11 – 15%	11 – 15%	Áreas de alcance principales afectadas
Bajo	11 - 30%	6 – 10%	6 – 10%	Áreas de alcance secundarias afectadas
Muy Bajo	1 - 10%	< 5%	< 5%	apenas perceptible
Nulo	< 1%	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio

Por otra parte, en la Figura 19 se muestra la matriz de probabilidad e impactos que se utilizará en el análisis cualitativo de este proyecto. Las oportunidades y las amenazas están representadas en esta matriz común utilizando definiciones de impacto positivo para las oportunidades y definiciones de impacto negativo para las amenazas. Al utilizar para la probabilidad y el impacto valores numéricos, estos se multiplican para dar una puntuación de probabilidad de impacto para cada riesgo, lo que permite que la prioridad relativa de los riesgos individuales sea evaluada dentro de cada nivel de prioridad.

Probabilidad	Amenazas					Oportunidades					Probabilidad		
	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09		0,05	Muy alta 0,90
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07		0,04	Alta 0,70
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05		0,03	Mediana 0,50
	Baja 0,30	0,20	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03		0,02	Baja 0,30
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01		0,01	Muy baja 0,10
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,02	Alto 0,4	Muy Alto 0,08	Muy Alto 0,08	Alto 0,4	Moderado 0,2	Bajo 0,10	Muy bajo 0,05		
Impacto negativo						Impacto positivo							

Figura 19. Matriz de probabilidad e impactos

Identificar los Riesgos

En este punto se identifican los riesgos individuales del proyecto, así como las fuentes de riesgo general del proyecto y se documentan sus características.

Esta identificación de los riesgos está basada en herramientas y técnicas como juicio de expertos, reuniones, tormenta de ideas y análisis de documentos de proyectos anteriores, y se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales relevantes de la empresa, en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión de los Riesgos, así como en las secciones 5.4.1 Gestión del Alcance, 5.4.2 Gestión del Cronograma y 5.4.3 Gestión de los Costos.

A continuación, en Tabla 10 se presenta una lista de los riesgos identificados para el proyecto.

Tabla 10. Lista de los riesgos identificados

	Causa	Riesgo	Consecuencia	Afectación
R01	Cambios en las políticas de la empresa. Proyecto para desarrollo en varios años.	Suspensión o postergación del proyecto por cambio en las prioridades de la empresa	Incumplimiento con el cliente	Desfavorable
R02	Poca experiencia específicamente en seguimiento de prácticas y parámetros operacionales durante la construcción de pozos	Error en planificación de seguimientos o prueba piloto	No cumple con la recolección de información requerida en cuanto a prácticas y parámetros operacionales	Desfavorable
R03	Inadecuado adiestramiento, en cuanto a la estandarización de las mediciones a tomar, de los profesionales a realizar seguimientos operacionales y prueba piloto	Falla en recolección de información durante el desarrollo de seguimientos o prueba piloto	Inconsistencia en la información recolectada	Desfavorable
R04	Alta inflación en la actualidad	Errores de estimación de costos	Insatisfacción del cliente según sus requerimientos en costo	Desfavorable
R05	Dependencia de terceros para definición de logística durante los seguimientos operacionales y prueba piloto	Falla en logística (alojamiento, comida, traslados, etc.) para profesionales durante desarrollo de seguimientos y prueba piloto	Insatisfacción por parte de los profesionales que desarrollan el seguimiento	Desfavorable
R06	La realidad operacional es muy dinámica. Muchos factores que hacen que la planificación de la perforación no sea respetada.	Dificultad para coordinar con las áreas operacionales la realización de seguimientos y prueba piloto	Retraso en la realización de seguimientos y de prueba piloto	Desfavorable
R07	Falla en logística y/o convocatoria al adiestramiento necesario para la realización de la prueba piloto	Poca asistencia a adiestramientos previos a la realización de la prueba piloto	Desconocimiento de los profesionales que participaran en la prueba piloto de la metodología que deben seguir	Desfavorable
R08	Experiencia técnica de profesionales que laborarán en el proyecto, aun cuando se tiene poca en proyectos que impliquen seguimiento de prácticas operacionales	Adecuada selección de recursos, componentes y equipos técnicos	Elevada calidad en manuales, estudios y metodologías elaboradas.	Favorable
R09	Definición precisa y temprana del alcance del proyecto considerando la poca experiencia en proyecto que impliquen seguimientos de prácticas operacionales	Adecuada planificación, alineada con los objetivos iniciales del proyecto, en concordancia con los resultados esperados	Cumplimiento de las especificaciones en cuanto a tiempo y costo	Favorable

Análisis Cualitativo de Riesgos

En este punto se priorizan los riesgos identificados para su análisis o acción posterior, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos, así como otras características, lo cual trae como beneficio el concentrar los esfuerzos en los riesgos de alta prioridad.

Este análisis cualitativo de riesgos está basada en herramientas y técnicas como juicio de expertos (el juicio de expertos se obtuvo a través de entrevistas no estructuradas), categorización de riesgos y representación de datos a través de matriz de probabilidad e impacto, y se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales de la empresa, en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión de los Riesgos e Identificar los Riesgos, así como en las secciones 5.4.1 Gestión del Alcance, 5.4.2 Gestión del Cronograma y 5.4.3 Gestión de los Costos.

A continuación, en la Tabla 11 se muestran los riesgos, previamente identificados, agrupados por área del proyecto afectada a fin de determinar que áreas están más expuestas a los efectos de la incertidumbre. Los riesgos también se pueden categorizar por su fuente o por otras categorías útiles.

Al agrupar los riesgos por área del proyecto afectada se evidencia que, por una parte, la fase de validación en operaciones, y por otra parte, la fase de Transferencia de conocimiento - Prueba piloto son las que están más expuestas a los efectos de la incertidumbre, de afectación desfavorable, de amenazas.

La agrupación de riesgos en categorías debe llevar al desarrollo de repuestas más efectivas al centrar la atención y el esfuerzo sobre las áreas de mayor exposición al riesgo.

Tabla 11. Categorización de los riesgos

	Riesgo	Afectación	Área del proyecto afectada
R01	Suspensión o postergación del proyecto por cambio en las prioridades de la empresa	Desfavorable	Todas las áreas
R04	Errores de estimación de costos		
R02	Error en planificación de seguimientos o prueba piloto	Desfavorable	3. Validación en operaciones 4. Transferencia de conocimiento - Prueba piloto
R03	Falla en recolección de información durante el desarrollo de seguimientos o prueba piloto		
R05	Falla en logística (alojamiento, comida, traslados, etc.) para profesionales durante desarrollo de seguimientos y prueba piloto		
R06	Dificultad para coordinar con las áreas operacionales la realización de seguimientos y prueba piloto		
R07	Poca asistencia a adiestramientos previos a la realización de la prueba piloto	Desfavorable	4. Transferencia de conocimiento - Prueba piloto
R08	Adecuada selección de recursos, componentes y equipos técnicos	Favorable	Todas las áreas
R09	Adecuada planificación, alineada con los objetivos iniciales del proyecto, en concordancia con los resultados esperados		

A continuación, los riesgos se priorizan previendo su análisis posterior y la planificación de respuestas basada en la probabilidad e impacto de los mismos, para lo cual se utilizó la definición para la probabilidad e impactos (véase Tabla 9) y la matriz de probabilidad e impactos (véase Figura 19) mostradas en el punto Planificar la Gestión de los Riesgos. En la Tabla 12 se observa el nivel de prioridad de los riesgos para el proyecto en estudio, en la que los riesgos en gris oscuro representan el mayor nivel de prioridad, en gris claro prioridad media, y en blanco baja prioridad.

Tabla 12. Nivel de prioridad de los riesgos

	Riesgo	Afectación	Probabilidad	Área de impacto	Tipo de impacto	Escala Impacto	Nivel de prioridad
R01	Suspensión o postergación del proyecto por cambio en las prioridades de la empresa	Desfavorable	0,10	Tiempo Costo Alcance	Muy alto	0,8	0,08
R02	Error en planificación de seguimientos o prueba piloto	Desfavorable	0,30	Tiempo Costo	Alto	0,60	0,18
R03	Falla en recolección de información durante el desarrollo de seguimientos o prueba piloto	Desfavorable	0,20	Tiempo Costo	Muy alto	0,80	0,16
R04	Errores de estimación de costos	Desfavorable	0,80	Costo	Alto	0,60	0,48
R05	Falla en logística (alojamiento, comida, traslados, etc.) para profesionales durante desarrollo de seguimientos y prueba piloto	Desfavorable	0,30	Costo	Mediano	0,40	0,12
R06	Dificultad para coordinar con las áreas operacionales la realización de seguimientos y prueba piloto	Desfavorable	0,50	Tiempo	Alto	0,60	0,30
R07	Poca asistencia a adiestramientos previos a la realización de la prueba piloto	Desfavorable	0,15	Alcance	Muy alto	0,80	0,12
R08	Adecuada selección de recursos, componentes y equipos técnicos	Favorable	0,70	Tiempo Costo Alcance	Bajo	0,20	0,14
R09	Adecuada planificación, alineada con los objetivos iniciales del proyecto, en concordancia con los resultados esperados	Favorable	0,50	Tiempo Costo Alcance	Mediano	0,40	0,20

Planificar la Respuesta a los Riesgos

En este punto se desarrollan opciones, seleccionan estrategias y se acuerdan acciones para abordar la exposición general al riesgo del proyecto, así como para tratar los riesgos individuales del mismo, lo que tiene como beneficio la identificación de las formas adecuadas de abordar el riesgo general del proyecto y los riesgos individuales del éste.

Esta planificación de respuesta a los riesgos está basada en herramientas y técnicas como juicio de expertos, análisis de entrevistas no estructuradas, y análisis de documentos de proyectos anteriores, y se apoya en información contenida en los activos de los procesos de la organización, en factores ambientales relevantes de la empresa, en información mostrada en los puntos Planificar la Gestión de los Riesgos, así como en las secciones 5.4.1 Gestión del Alcance, 5.4.2 Gestión del Cronograma y 5.4.3 Gestión de los Costos.

En la Tabla 13 se presenta la planificación de la respuesta a los riesgos, en la que se detalla el riesgo, su afectación, el plan de acción antes del evento, y el plan de acción posterior al posible evento.

Tabla 13. Planificación de la respuesta a los riesgos

	Riesgo	Afectación	Plan de Acción Pre-Evento	Plan de Acción Post-Evento
R01	Suspensión o postergación del proyecto por cambio en las prioridades de la empresa	Desfavorable	Evaluación cuidadosa de la importancia para la Corporación de los objetivos del proyecto, previo a su inicio	Documentar información recopilada y presentar justificación ante junta directiva, buscando la aprobación de la continuación
R02	Error en planificación de seguimientos o prueba piloto	Desfavorable	Documentarse adecuadamente con referencia a la realización de seguimientos operacionales	Repetir seguimientos, o prueba piloto, que sean necesarios
R03	Falla en recolección de información durante el desarrollo de seguimientos o prueba piloto	Desfavorable	Divulgar en el equipo de trabajo metodología a utilizar e importancia de la consistencia en la recolección de información	Repetir seguimientos, o prueba piloto, que sean necesarios
R04	Errores de estimación de costos	Desfavorable	Realizar en la etapa de planificación estimaciones de costos tomando en cuenta tendencias de inflación en Venezuela	Realizar ajustes periódicos en las estimaciones de costos, y mantener informada a la gerencia de las desviaciones que se observen
R05	Falla en logística (alojamiento, comida, traslados, etc.) para profesionales durante desarrollo de seguimientos y prueba piloto	Desfavorable	Coordinación cuidadosa con áreas operacionales logística necesaria para realizar los seguimientos	Generar planes alternativos en cuanto a alojamiento, comida y traslado durante el desarrollo de los seguimientos
R06	Dificultad para coordinar con las áreas operacionales la realización de seguimientos y prueba piloto	Desfavorable	Coordinación cuidadosa de los seguimientos con el personal del área operacional	Tener planes alternativos (pozos adicionales) para realizar seguimientos en caso de cambios en la planificación, en la secuencia de perforación
R07	Poca asistencia a adiestramientos previos a la realización de la prueba piloto	Desfavorable	Realizar seguimiento a confirmación de participación en adiestramiento por parte de profesionales involucrados, resaltándoles la importancia de tales adiestramientos	Realizar acción de formación adicional
R08	Adecuada selección de recursos, componentes y equipos técnicos	Favorable	Realizar reuniones de intercambio técnico entre profesionales que laboran en el proyecto, de modo de fortalecer técnicamente al equipo de trabajo	Realizar reuniones periódicas para divulgar los conocimientos que se vayan adquiriendo durante el estudio, fortaleciendo técnicamente al equipo
R09	Adecuada planificación, alineada con los objetivos iniciales del proyecto, en concordancia con los resultados esperados	Favorable	Prestar la debida atención a la planificación del proyecto, dada la importancia de la misma para la consecución de los resultados	Realizar un adecuado seguimiento y control durante la ejecución del proyecto

5.5 Plan detallado de ejecución del proyecto

Este plan se basa en el desarrollo de los objetivos específicos previamente mostrados, y se apoya en juicio de expertos y en entrevistas no estructuradas, en donde se tomó en cuenta la pericia de individuos con experiencia en proyectos asociados a construcción de pozos horizontales en la FPO, profesionales de PDVSA Intevep y de PDVSA que laboran en las áreas operacionales, tanto en ingeniería como en operaciones de perforación.

Las primeras actividades que son necesarias desarrollar están asociadas a los dos estudios que servirán como punto de partida para la realización de la metodología, los cuales son: el Sistema de Inteligencia Tecnológicas SIT dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo y el Informe del Sistema de Estado del Arte SEA dedicado al flujo de saltación (transporte de ripios) en los hoyos de alto ángulo.

Con relación al SIT es necesario desarrollar las siguientes actividades de investigación: a) estudiar la evolución de la perforación de pozos de alto ángulo, resaltando los autores más relevantes, los años de sus publicaciones, así como las instituciones, empresas y países que más publican en el área, destacando las principales empresas que la practican, b) identificar tendencias mundiales para la perforación de hoyos de alto ángulo, conocer la razón de estos comportamientos, destacando metodologías de trabajo, c) identificar las tecnologías necesarias para automatizar la realización de este tipo de seguimientos de dar “soporte en taladro”, tecnologías para comunicar medidores con herramienta computacional, medidores de flujo de ripios, etc., y d) elaborar el SIT con la información levantada, adicionalmente, este SIT debe incluir todas las partes y aspectos establecidos en la Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).

Con respecto al SEA se requiere desarrollar las siguientes actividades de investigación: a) estudiar la limpieza de hoyos de alto ángulo, incluyendo las prácticas y parámetros operacionales recomendado durante su perforación, b)

estudiar el flujo de saltación, el transporte de ripios, en operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo, considerando la rotación de la sarta de perforación, fluidos reales empleados normalmente en taladro y considerando también el acople viscoso entre la tubería y el fluido de perforación, y c) con la información levantada elaborar el SEA en donde se caracterice, describa e interprete la investigación documental realizada con base en fuentes secundarias del saber acumulado desde sus enfoques, sus métodos y su contexto, asimismo, este SEA debe incluir todas las partes y aspectos establecidos en la Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep, PDVSA Intevep (2007).

Por otra parte, es necesaria la realización de actividades asociadas a la elaboración de una propuesta de metodología que permita dar “soporte en taladro” y que incluya el desarrollo de una propuesta de herramientas computacional necesaria para su aplicación.

Para el desarrollo de estas propuestas es necesario las siguientes actividades: a) estudiar como realizan este tipo de seguimiento otras empresas, lo cual estará basado en una revisión documental que tendrá como objetivo el conocer como hacen este tipo de seguimientos para dar “soporte en taladro” empresas dedicadas a la perforación de pozos horizontales a nivel mundial, b) desarrollar propuesta de herramienta computacional necesaria para aplicar la metodología, herramienta que permita comparar visualmente parámetros previamente simulados con los valores reales obtenidos durante la perforación, lo cual permitirá tomar decisiones en tiempo real al haber o no divergencia entre los valores comparados y que permita visualizar variables de importancia durante la perforación de hoyos horizontales en función de la profundidad, pudiendo incluir gráficos de variables que no tienen gran impacto en la limpieza de hoyos pero que son importante para otros análisis. Los gráficos a incluir deberán ser establecidos en función de la revisión documental previamente realizada, y c) desarrollar propuesta de metodología que permita dar “soporte en taladro” durante la perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas, propuesta que

estará basada en la revisión previamente realizada, y que debe incluir recomendaciones en cuanto a parámetros y prácticas operacionales a utilizar durante la perforación, incluyendo las operaciones de repaso después de perforar una pareja, ya que con las condiciones adecuadas puede favorecer considerablemente la limpieza de hoyo, e incluyendo las operaciones de sacada de la tubería de perforación del hoyo.

Esta propuesta de metodología debe apoyar la toma de decisiones durante las operaciones de perforación horizontal en arenas no consolidadas al permitir inferir las condiciones del hoyo de alto ángulo analizando los parámetros graficados (valores reales de parámetros operacionales obtenidos durante la perforación y valores de esos parámetros obtenidos de simulaciones previamente realizadas) en la herramienta computacional.

De modo de ser atractiva para los involucrados, tanto la metodología como la herramienta computacional necesaria para su implementación deben ser de fácil utilización e interpretación. En la herramienta computacional, la información a introducir debe estar claramente explicada en la misma, así como los momentos en los que esta información debe ser introducida. Esta herramienta computacional será soporte de la metodología y sus gráficos deben apoyar en forma práctica las interpretaciones necesarias para la toma de decisiones durante las operaciones de perforación. Asimismo, La metodología y la herramienta computacional a desarrollar deben operar con las tecnologías y equipos disponibles, en la actualidad, por parte de PDVSA en sus operaciones de perforación, de modo de reducir costos asociados a su implantación.

Se debe elaborar una presentación de la propuesta de metodología que permita dar “soporte en taladro” y que incluya una descripción detallada de la propuesta de herramienta computacional.

Asimismo, con relación al segundo objetivo específico desarrollado, es necesario que la orientación del proyecto formulado deba ser la de generar recomendaciones asociadas a la perforación de los próximos pozos horizontales a

construir en la FPO, plasmadas en manuales, tanto para la planificación de los pozos como para sus operaciones de perforación.

En concordancia con lo anteriormente planteado es necesaria la elaboración de propuestas de manuales de perforación, tanto de planificación como de operaciones, de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas. Para la elaboración de estas propuestas de manuales son necesarias las siguientes actividades: a) estudiar características de manuales de planificación y de operaciones de perforación, lo cual estará basado en una revisión documental que tendrá como objetivo el conocer estructura y aspectos considerados en los manuales de este tipo que utilizan empresas dedicadas a la perforación de pozos horizontales a nivel mundial, b) elaborar una propuesta de manual de planificación de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas, c) elaborar una propuesta de manual de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas, la elaboración de estos manuales se apoyará en todas las actividades previamente citadas, y d) informe ejecutivo asociado a las propuestas de metodologías, herramientas computacionales necesarias para su aplicación y manuales, que describa si las propuestas realizadas están en capacidad de ser validadas en campo, en operaciones de perforación, o si por el contrario requieren algún complemento o modificación.

Adicional a la validación de la metodología, herramienta computacional y manuales, es necesaria la validación de la aplicabilidad en formaciones no consolidadas de recomendaciones dadas por empresas asesoras dedicadas a la perforación de hoyos de alto ángulo y además es necesaria la evaluación de prácticas operacionales (uso de píldoras de barrido y sacada de la sarta de perforación del hoyo en *backreaming*) utilizadas en los pozos de la FPO. Por lo anterior, se plantea la realización de seguimientos operacionales durante la perforación de hoyos horizontales en arenas no consolidadas en la FPO. Se plantea la realización de un seguimiento en cada una de las cuatro Divisiones de la FPO (Boyacá, Ayacucho, Junín y Carabobo) de modo de recolectar estadística.

En concordancia con lo planteado anteriormente se plantea realizar las siguientes actividades: a) coordinar con las áreas operacionales la logística necesaria para los seguimientos, incluyendo selección de las áreas y localizaciones en la que estos se realizarán, y donde se establezca para los profesionales que participarán en los seguimientos comidas, movilización y las facilidades de pernocta, adicionalmente, se deben generar planes alternativos en cuanto a comida, traslado y alojamiento durante el desarrollo de los seguimientos por cualquier falla en la logística, y se deben tener planes alternativos (pozos adicionales) para realizar los seguimientos en caso de cambios en la planificación, en la secuencia de perforación, o por cualquier dificultad para coordinar con las áreas operacionales la realización de los mismos, b) realización de seguimiento operacional durante la perforación de hoyo horizontal en la División Carabobo, c) realización de seguimiento operacional durante la perforación de hoyo horizontal en la División Ayacucho, d) realización de seguimiento operacional durante la perforación de hoyo horizontal en la División Junín, e) realización de seguimiento operacional durante la perforación de hoyo horizontal en la División Boyacá, para los cuatro seguimientos se debe aplicar metodología, herramienta computacional y manuales propuestos, y f) elaborar Informe Técnico asociado a los seguimientos operacionales.

En el Informe Técnico asociado a los seguimientos operacionales se debe evaluar la metodología, herramienta computacional y manuales, y a la vez, en base a los seguimientos, también se debe evaluar la aplicabilidad en formaciones no consolidadas de recomendaciones dadas por empresas dedicadas a la perforación de hoyos de alto ángulo y, adicionalmente, estudiar prácticas operacionales utilizadas en los pozos de la FPO, entre las que se destaca la evaluación en cuanto a limpieza de hoyos horizontales de las píldoras de barrido y la evaluación de sacar la sarta de perforación del hoyo en *backreaming* y en forma convencional.

Apoyándose en los seguimiento realizados y en las propuestas de metodología y de herramienta computacional, es necesario realizar las siguientes actividades: a)

realizar los ajustes a la herramienta computacional propuesta en base a los seguimientos, esta actividad solo será realizada si es necesaria, b) realizar los ajustes a la metodología propuesta en base a los seguimientos, esta actividad solo será realizada si es necesaria, c) elaborar Informe Técnico asociado a la metodología y a la herramienta computacional, este informe debe describir la metodología y deberá incluir una sección dedicada a describir la herramienta computacional y un anexo que sea un manual de uso de dicha herramienta, dicho manual debe ser claro y conciso buscando sea sencillo el conocer como se utiliza la herramienta computacional, esto con la intención que el uso de la metodología y herramienta computacional resulte atractiva para los involucrados.

Asimismo, apoyándose en los seguimientos realizados y en las propuestas de manuales, es necesaria la realización de las siguientes actividades: a) realizar los ajustes a la propuesta de manual de planificación de perforación, esta actividad solo será realizada si la misma es necesaria, b) concluir manual de planificación de perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas, c) realizar los ajustes a la propuesta de manual de operaciones de perforación, esta actividad solo será realizada si la misma es necesaria, d) concluir manual de operaciones de perforación de alto ángulo en arenas no consolidadas, e) elaborar informe ejecutivo asociado a la metodología, herramienta computacional y manuales, en el que se puntualice si estos están aptos para su utilización en campo o si existe algún punto de atención con relación a los mismos.

De modo de poner en práctica y, a la vez, evaluar la transferencia de conocimiento de la información a levantar en el proyecto, al personal de las áreas operacionales, se propone la realización de una prueba piloto, en la que profesionales de ingeniería y de operaciones de PDVSA asociados a la perforación de pozos de alto ángulo, apliquen la metodología, la herramienta computacional y los manuales a desarrollar durante el proyecto formulado.

Esta prueba piloto en un taladro debe incluir la formación del personal asociado a la perforación del pozo en el cual se realizará la prueba, para que ellos mismos, aplicando la metodología a desarrollar, hagan el “soporte en taladro” de su

operación utilizando la herramienta computacional que se desarrollará y se apoyen en los manuales, tanto de planificación, para la elaboración del programa de perforación, como en el de operaciones, para la perforación del hoyo horizontal. En dicha prueba este personal debe tener un entendimiento del comportamiento de los ripios en el hoyo (recibirán formación asociada a este tópico) lo cual conllevará a tomar mejores decisiones durante la perforación del mismo.

En la siguiente sección (5.6 Estrategias para transferir conocimientos a desarrollar) se profundiza en actividades que serán descritas a continuación asociadas a la transferencia de conocimiento.

Con respecto a la formación del personal de PDVSA de las áreas operacionales asociado a la prueba piloto, éste recibirá curso relacionado a la información que se haya levantado a lo largo del proyecto hasta ese momento. Se tiene contemplado las siguientes actividades asociadas al curso: a) recopilar y seleccionar la información a incluir en el curso, se seleccionará la información relevante que se haya obtenido hasta ese momento en el proyecto, b) elaborar material para curso, el mismo tendrá una duración de 10 días (80 horas).

Adicionalmente, apoyándose en el material para el curso previamente citado, se plantea la siguiente actividad: dictado de dos sesiones de curso, cuyo objetivo sea brindar la capacitación a los profesionales de PDVSA de las áreas operacionales asociados a la prueba piloto para que ellos mismos puedan realizar el “soporte en taladro” de sus operaciones, aplicando la metodología, herramienta computacional y manuales a desarrollar en el proyecto. Esta actividad incluye la selección del campo y de la localización en la cual se realizará la prueba piloto, lo cual debe ser acordado con el área operacional. Dicha área debe haber manifestado su interés. De esta manera se define el personal que estará asociado a la prueba piloto y que debe recibir la formación.

Se propone la realización de dos sesiones para garantizar la participación de la mayor cantidad posible de personal asociado a la realización de la prueba piloto, considerando que este personal rota por guardias. Se debe complementar esta

acción de adiestramiento con una campaña de promoción de la actividad vía correo electrónico al personal asociado a la prueba piloto, tanto de ingeniería como de operaciones, buscando con esta campaña informativa (con material relevante asociado al curso) que todos se involucren con el proyecto, conozcan su importancia y sepan que debe hacer cada uno de ellos para la correcta implementación de la metodología, herramienta computacional y los manuales.

Luego de la capacitación del personal de PDVSA, asociados a la perforación del pozo donde se realizará la prueba piloto, son necesarias desarrollar las siguientes actividades: a) coordinar con el área operacional la logística requerida para la realización de la prueba, resaltando para los dos profesionales de PDVSA Intevep que participarán en la misma comidas, movilización y las facilidades de pernocta, adicionalmente, se deben generar planes alternativos en cuanto a comida, traslado y alojamiento durante el desarrollo de la prueba por cualquier falla en la logística, y se deben tener planes alternativos (pozos adicionales) para realizar la prueba en caso de cambios en la planificación, en la secuencia de perforación, o por cualquier dificultad para coordinar con el área operacional la realización de la misma, b) realizar prueba piloto, en la que PDVSA Intevep solo asesorará a los profesionales de PDVSA de las áreas operacionales que participen en la prueba, teniendo ellos el control del seguimiento operacional, esto considerado como importante para la transferencia de conocimiento, y c) realizar Informe Técnico de prueba piloto.

Buscando afianzar los conocimientos adquiridos por parte de los profesionales del área operacional de PDVSA involucrado en la prueba piloto, se plantea que este personal realice una presentación de las lecciones aprendidas que se obtengan de esta prueba. Con base en esta presentación será generado el Informe Técnico asociado a la prueba piloto, informe que debe incluir las lecciones aprendidas de la prueba, resultados y análisis de la misma, así como conclusiones y recomendaciones.

Por último, es necesaria la documentación final del proyecto, para lo cual se requieren ejecutar las siguientes actividades: a) recopilar y seleccionar información

que se haya levantado en el proyecto, incluyendo la información relevante de todos sus paquetes de trabajo, y b) elaborar Informe Técnico final del proyecto, en base a la información previamente recopilada y seleccionada, que incluya todos los aspectos abordados, las lecciones aprendidas, conclusiones y recomendaciones.

Posterior a la finalización del proyecto aquí formulado se debe visualizar masificar los productos resultantes del mismo a través de todas las Divisiones de la FPO, para lo cual se plantea involucrar al Departamento de Soporte Tecnológico de PDVSA Intevep. Esta masificación está fuera del alcance del proyecto formulado en esta investigación.

5.6 Estrategias para transferir conocimientos a desarrollar

En esta sección se establecen las estrategias necesarias para la transferencia de conocimientos al personal de PDVSA de las áreas operacionales, específicamente de los dos estudios que servirán como punto de partida para la realización de la metodología (Sistema de Inteligencia Tecnológicas SIT dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo y el Informe del Sistema de Estado del Arte SEA dedicado al flujo de saltación en los hoyos de alto ángulo), de la metodología, de la herramienta computacional y de los manuales a desarrollar, de modo de que ellos mismos estén en capacidad de hacer sus seguimientos operacionales y planifiquen sus pozos en función de la metodología y herramienta computacional a desarrollar, así como de los manuales, que en conjunto buscarán optimizar la velocidad de perforación y reducir los tiempos no productivos, y por consiguiente, los costos de construcción de los pozos.

Para el logro de este objetivo específico se utilizó el juicio de expertos, contactando a personas con amplia experiencia en la formación de personal que laboran en la industria petrolera y, a su vez, se realizó entrevistas no estructuradas en las que se consultó a profesionales del área educativa. Por otra parte, se hizo un análisis de documentos, revisando material de cursos asociados al tema de la investigación.

Cabe destacar que, las estrategias para transferir conocimientos a desarrollar están relacionadas con los planes (alcance, cronograma, costos y riesgos) previamente mostrados, el desarrollo de los mismos es iterativo entre todos ellos, y las estrategias ya han sido consideradas en dichos planes.

En esta sección se describen, profundizan y explican estas estrategias en función de la transferencia de conocimiento.

Estas estrategias serán utilizadas en la fase del proyecto: Transferencia de conocimiento - Prueba piloto, y se prevé que éstas sean reproducidas durante la masificación en las operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas de la FPO de la metodología, herramienta computacional y manuales a desarrollar, masificación que escapa del alcance del proyecto que se formuló en este estudio.

Como primera estrategia está la transferencia de conocimiento por medio de un curso, y en concordancia con esta estrategia está el paquete de trabajo 4.1 referido al material para curso asociado a información que se haya levantado hasta ese momento en el proyecto. Se prevé la elaboración de un curso de 10 días, de ocho horas diarias, para un total de 80 horas.

Este curso deberá incluir, además de otros puntos de importancia que se evidencien sean necesarios a lo largo del desarrollo del proyecto, los siguientes aspectos generales y/o teóricos:

- Introducción al curso.
- Limpieza de hoyo de alto ángulo.
- Perforación de alcance extendido. Definiciones.
- Viaje y *backreaming*.
- Gerencia del ECD.

- Introducción al modelaje del torque y arrastre (incluir análisis de gráficos de peso de la sarta de perforación, real versus simulado, en función de la profundidad medida).
- Monitoreo de las condiciones del hoyo.
- Suabeo y surgencia.
- Prácticas de conexión (a seguir después de perforar cada pareja).
- Pega diferencial.

Por otra parte, este curso debe mostrar información relevante que se haya levantado hasta ese momento en el proyecto que se formuló en este estudio, incluyendo, además de otros puntos de importancia que se evidencien sean necesarios a lo largo del desarrollo del proyecto, los siguientes aspectos:

- Aspectos relevantes del Sistema de Inteligencia Tecnológica asociado a la perforación de pozos de alto ángulo.
- Aspectos relevantes del Informe del Sistema de Estado del Arte del flujo de saltación en los hoyos alto ángulo.
- Lecciones aprendidas de los seguimientos operacionales a la perforación de hoyos horizontales (uno por cada una de las cuatro Divisiones de la FPO).
- Metodología que permita dar “soporte en taladro”.
- Herramienta computacional necesaria para aplicar metodología que permita dar “soporte en taladro”.
- Manual de planificación de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.

- Manual de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.

El curso debe ser dictado en el área operacional, y adicional a la información previamente especificada, debe incluir:

- Un día en oficinas de Ingeniería de Perforación y Rehabilitación de pozos discutiendo un plan de perforación para un pozo, generando recomendaciones para el mismo, acorde con metodología y manuales a desarrollar.
- Un día en un taladro de perforación discutiendo en campo como aplicar la metodología, herramienta computacional y manuales a desarrollar.

Se debe garantizar las sesiones del curso que sean necesarias para que la información que se haya desarrollado en el proyecto sea manejada por todos los involucrados en la perforación horizontal en la cual se aplicará la metodología, herramienta computacional y manuales. Para el caso del proyecto que se formuló se prevé dos sesiones del curso considerando que el personal labora por guardias.

Como segunda estrategia, como parte práctica en la transferencia de conocimiento, se propone la realización de seguimiento operacional para que el personal que se está capacitando aplique la metodología, herramienta computacional y manuales a desarrollar. Para el caso del proyecto que se formuló este seguimiento es denominado prueba piloto. Para poner en práctica los conocimientos adquiridos se prevé que el personal de PDVSA de las áreas operacionales, tanto de ingeniería como de operaciones, luego de haber visto el curso de 10 días, aplique los conocimientos adquiridos en la elaboración del programa de perforación de un pozo, así como durante el seguimiento de su perforación. El Personal de PDVSA Intevep estará presente evaluando la correcta aplicación de la metodología, herramienta computacional y manuales.

Como tercera estrategia, buscando afianzar los conocimientos adquiridos, se propone que el personal de PDVSA de las áreas operacionales realice una presentación de las lecciones aprendidas obtenidas del seguimiento o prueba piloto, para lo cual deben analizar y discutir resultados de ese caso real en el que ellos participaron. Para el caso del proyecto que se formuló se plantea, en base a la presentación, sea generado un Informe Técnico asociado a la prueba piloto.

Como cuarta estrategia se plantea una campaña de promoción del proyecto, difundida vía correo electrónico al personal relacionado con el seguimiento, o prueba piloto, buscando que todos se involucren con el proyecto, conozcan su importancia y sepan que debe hacer cada uno de ellos para la correcta implementación de la metodología, herramienta computacional y los manuales a desarrollar.

CAPÍTULO VI: LA PROPUESTA

En éste Capítulo se presenta la propuesta a la que se llegó luego de haber desarrollado los objetivos específicos de esta investigación.

Vale la pena recordar que, la FPO es un área de importancia estratégica para PDVSA ya que es donde se encuentran las mayores reservas de crudo de la nación. En ella es común la perforación de hoyos de alto ángulo en sus arenas no consolidadas.

Durante la construcción de los hoyos de alto ángulo en la FPO se pueden presentar problemas operacionales con el riesgo de perder el hoyo ya perforado. Los problemas operacionales están generalmente asociados a sartas de perforación que quedan atascadas en el hoyo, al uso de prácticas correctivas como lo es el bombeo de píldoras de barrido, a revestidores o *liners* que tienen que ser sacados del hoyo ya que no llegan a la profundidad esperada, entre otros. Estos problemas están asociados a tiempos y costos que pueden ser reducidos apoyándose en la metodología que se plantea desarrollar siguiendo el proyecto que se formuló en esta investigación.

Con una metodología de trabajo adecuada se evitaría perforar a una muy alta velocidad de penetración, generando problemas de limpieza de hoyo, así como se evitaría utilizar una velocidad de penetración muy baja que podría alargar innecesariamente el tiempo de construcción del pozo, adicionalmente, se evitaría tomar decisiones basadas solo en la experiencia una vez los problemas se presenten, en lugar de prevenirlos tomando decisiones basadas en un análisis que considere los parámetros y prácticas operacionales presentes durante la perforación y, a su vez, se evitaría la posibilidad de asociar los problemas que ocurren con supuestas causas que en realidad no los originaron, y que como consecuencia se apliquen soluciones inadecuadas, resultando que los mismos persistan.

El optimizar la perforación horizontal en la FPO implicaría reducciones en costos y en menores tiempos para la construcción de los pozos, al perforar a una velocidad de penetración optima y reducir la ocurrencia de problemas operacionales.

Las mayores reservas de crudo de la nación se encuentran en la FPO por lo que se prevé continúe la perforación horizontal en dicha región por muchos años, la utilización de la metodología que se propone desarrollar implicaría una reducción de costos y tiempos de construcción de sus pozos, esa reducción de costos para la Corporación podría implicar mayor beneficio social para los venezolanos. Se cuenta en PDVSA Intevep con espacios idóneos y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto, además se cuenta con la disposición de profesionales preparados y con experiencia en perforación de hoyos de alto ángulo en la FPO.

Sin embargo, considerando los recursos que deben ser utilizados para la ejecución del proyecto formulado se propone una evaluación del mismo, que considere al menos: análisis de mercado, análisis técnico, evaluación económica y estudio socio ambiental. Esta evaluación escapa del alcance de esta investigación, pero se propone dada la importancia de la misma en la búsqueda de conocer la rentabilidad económica y social del proyecto formulado, de tal manera que se asegure resolver la necesidad de la metodología de trabajo en forma eficiente, segura y rentable.

De ser sustentada la factibilidad del proyecto formulado en base a su evaluación, se propone ejecutar el mismo, cuya optimización se orienta a la adecuada selección de valores de parámetros operacionales y a la adecuada realización de prácticas operacionales durante la perforación de los hoyos horizontales, con el objeto de optimizar la velocidad de perforación y de evitar problemas operacionales.

Una vez finalizado el proyecto, se propone la masificación de los productos resultantes del mismo: metodología de trabajo para la perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas, herramienta computacional necesaria para su aplicación y manuales, de planificación y de operaciones, de perforación de hoyos

de alto ángulo en arenas no consolidadas, complementando con la transferencia de conocimiento necesaria para la correcta implementación (curso y pruebas piloto). Esta masificación escapa del alcance de esta investigación, sin embargo, la misma es fundamental si se quiere optimizar la perforación de los hoyos de alto ángulo en la FPO.

En resumen, se tiene que esta propuesta tiene como objetivo general:

- Optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en la FPO.

Para alcanzar el objetivo general planteado, es necesario cumplir con los objetivos específicos de esta propuesta, los cuales son:

- Evaluar el proyecto formulado.
- Ejecutar el proyecto formulado. De ser sustentada la factibilidad del mismo en base a su evaluación.
- Masificar productos resultantes del proyecto formulado. De ser realizado el mismo, dependiendo de su evaluación.

Una vez presentados los aspectos necesarios desarrollar para lograr la optimización de la perforación de los hoyos de alto ángulo en la FPO, a continuación, se presentan detalles de la propuesta en relación a la evaluación del proyecto, al proyecto formulado en esta investigación y la masificación de los productos que se obtendrían si el mismo es ejecutado.

Con relación a la evaluación del proyecto formulado, ésta debe considerar al menos:

- Análisis de Mercado: que, al menos, debe tomar en cuenta la determinación y cuantificación de la demandada (número de taladros, pozos a ser perforados en los próximos años en la FPO) y la oferta (asociada a empresas que ofrecen este tipo de servicios, este tipo de metodologías de

trabajo, incluidas las herramientas computacionales que las apoyan, y que pueden asesorar en la elaboración, o elaborar, los manuales, para planificación y para operaciones, de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas). Además de incluir análisis de precios y estudios para la comercialización de los productos que se obtendrían al ejecutar el proyecto que fue formulado en esta investigación.

- **Análisis Técnico:** en el que, al menos, se evalúen las características requeridas de los taladros en los que se realizarán los seguimientos y la prueba piloto, y las localizaciones recomendadas para hacer dichos seguimientos. Además de analizar las computadoras de PDVSA en dichos taladros, versiones de sus programas y acceso a Internet, de modo de evaluar el programa y la versión en la que se elaborará la herramienta computacional necesaria para la implementación de la metodología.
- **Evaluación Económica:** análisis más detallado de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, en donde al menos, se apliquen los métodos de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, como por ejemplo, el valor actual y la tasa interna de retorno. Tomando en cuenta el efecto de la inflación.
- **Estudio Socio Ambiental:** en él se debe estudiar el impacto, tanto positivo como negativo, para la sociedad como para el ambiente, de ejecutar el proyecto formulado y de masificarlo.

Con relación al proyecto formulado, de acuerdo a lo planificado para esta propuesta, iniciaría el 14 de enero de 2019 y finalizaría el 07 de febrero de 2022, ver Figura 18. Diagrama de red del cronograma del proyecto. A su vez, el presupuesto del proyecto, de acuerdo a las estimaciones de costo de esta propuesta, es de 23.995.000.000,00 Bolívares, ver Tabla 8. Presupuesto del proyecto. Vale la pena destacar que, los costos estimados corresponden a julio de 2018. En la etapa de planificación definitiva del proyecto se recomienda realizar un análisis más completo de los costos considerando el efecto de la inflación.

La formulación realizada se basó en un análisis de documentos (publicaciones, libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló y en gerencia de proyectos, en material de cursos asociados al tema de la investigación, y en proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep), así como también esta basada en juicio de expertos, se contactó a personas con experiencia en perforación horizontal de modo de tener una visión más amplia del tema a investigar y de evaluar la información recolectada en el análisis de documentos, y en entrevistas, en la que se estableció contacto directo con personas que se consideraron fuente de información para el estudio.

Para la ejecución del proyecto formulado en esta investigación, de modo de buscar garantizar el éxito del mismo, se recomienda desarrollar todos los grupos de procesos de la dirección de proyecto (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre). En el PMI (2017) se encuentra información detallada de los procesos involucrados en la gerencia de proyectos.

El proyecto formulado que se propone sea ejecutado consta de cuatro fases, que se resumen a continuación:

- Fase 1: asociada al desarrollo de estudios que servirán como punto de partida para la realización de la metodología de trabajo, específicamente al desarrollo de un Sistema de Inteligencia Tecnológica dedicado a la perforación de pozos de alto ángulo y al de un Informe del Sistema de Estado del Arte dedicado al flujo de saltación (transporte de ripios) en los hoyos de alto ángulo.
- Fase 2: considera el desarrollo de propuestas de metodología de trabajo que permita dar “soporte en taladro” durante las operaciones de perforación, de herramienta computacional necesaria para la aplicación de la metodología, y de los manuales, tanto de planificación como de operaciones, de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.

- Fase 3: considera la validación en operaciones de perforación en la FPO de las propuestas de metodología, herramienta computacional y manuales, así como a la validación de la aplicabilidad en formaciones no consolidadas de recomendaciones dadas por empresas asesoras dedicadas a la perforación de hoyos de alto ángulo y a la evaluación de prácticas operacionales (uso de píldoras de barrido y sacada de la sarta de perforación del hoyo en *backreaming*) utilizadas en los pozos de la FPO. Para esta validación en operaciones se propone, de modo de tomar la estadística necesaria, la realización de seguimientos operacionales, uno en cada una de las cuatro Divisiones de la FPO (Carabobo, Ayacucho, Junín y Boyacá). De esta fase se obtendrán, validados en operaciones, la metodología, herramienta computacional necesaria para su aplicación y los manuales, tanto de planificación como de operaciones, de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.
- Fase 4: contempla la transferencia de conocimiento a personal del área operacional de PDVSA de la información que se haya levantado a lo largo del proyecto hasta ese momento y la realización de una prueba piloto en la que ese personal, asociado a la planificación y a las operaciones de perforación, utilice la información recibida, incluida la metodología, herramienta computacional y los manuales. En esta fase se desarrollará el material para el dictado de curso asociado a la información que se haya levantado a lo largo del proyecto hasta ese momento, se dictará dos sesiones del curso y se realizará un seguimiento operacional, o prueba piloto, en la que los profesionales que recibieron el curso apliquen y afinasen los conocimientos adquiridos.

Con relación a la masificación de los productos resultantes del proyecto formulado en esta investigación, se propone involucrar al Departamento de Soporte Tecnológico de PDVSA Intevep.

Seguidamente, se presentan las estrategias a seguir, una vez finalizada la ejecución del proyecto formulado en esta investigación, ante una eventual masificación de los productos a desarrollar en el mismo. Estas estrategias se deben repetir en las distintas áreas de la FPO de modo de garantizar que los productos del proyecto formulado en esta investigación lleguen al personal de todos sus taladros y al personal de todas sus oficinas de ingeniería de perforación y rehabilitación. Se proponen realizar seguimientos operacionales en las distintas áreas de la FPO, y para cada seguimiento se debe:

- Definir el área a la cual se desea aplicar la metodología. Dicha área debe haber manifestado su interés.
- Realizar sesiones del curso buscando asegurar que todos los involucrados en el seguimiento manejen la información a levantar durante la ejecución del proyecto formulado en esta investigación.
- Seleccionar la localización sobre la cual se hará el seguimiento, en acuerdo con el personal de PDVSA de ingeniería y de operaciones de perforación.
- Realizar campaña informativa vía correo electrónico, a los involucrados en el seguimiento, que resalte la importancia de la correcta implementación de la metodología, y de las funciones que cada uno debe seguir.
- Desarrollar programa de perforación, del pozo donde se hará el seguimiento, por parte de los profesionales de ingeniería de perforación y rehabilitación de pozos, en concordancia con la información mostrada en el curso y con el manual de planificación de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.
- Realizar seguimiento operacional por parte de los profesionales de operaciones de perforación, en concordancia con la información mostrada en el curso, aplicando metodología, herramienta computacional y manual de operaciones de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.

- Realizar presentación de lecciones aprendidas por parte del personal de PDVSA del área operacional involucrado en el seguimiento operacional. Esto con el objeto de afianzar los conocimientos que haya adquirido este personal, en la búsqueda de la correcta utilización de los productos que se obtengan de la ejecución del proyecto formulado en esta investigación.

CAPÍTULO VII: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En este Capítulo se evalúa si se alcanzaron los objetivos específicos planteados para esta investigación y se describe de qué manera se buscó alcanzar los mismos.

Seguidamente, para cada uno de los objetivos se detalla que técnicas y herramientas se utilizaron para lograrlo, se presenta su porcentaje de cumplimiento y se muestra las lecciones aprendidas que se obtuvieron durante su desarrollo.

- Definir los estudios previos necesarios para el desarrollo de la metodología a proponer. Con relación a este objetivo específico se tiene que:
 - o Se hizo un análisis de documentos, para lo cual se realizó una revisión de publicaciones, libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló, y se revisaron proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep, asimismo, se realizó juicio de expertos, se consultó a personas con experiencia en perforación horizontal, profesionales de PDVSA Intevep y de PDVSA que laboran en las áreas operacionales, tanto en ingeniería como en operaciones de perforación, y adicionalmente, se realizó una serie de entrevistas no estructuradas en las que se estableció contacto directo con personas que se consideró eran fuente de información para esta investigación.
 - o Se alcanzó completamente el objetivo establecido, el cual era la definición de estudios que servirán como punto de partida para el desarrollo de la metodología.
 - o Al consultar a personas con experiencia en perforación horizontal se logró tener una visión más amplia del tema objeto de esta investigación.

- Diagnosticar cómo se realiza la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos petroleros actualmente en Venezuela. Con respecto a este objetivo específico se tiene:
 - o Se efectuó mediante juicio de expertos, se reunió a personal de la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP, de PDVSA Intevep, que han realizado estudios asociados a la perforación de hoyos de alto ángulo en la FPO. En esta reunión se hizo un análisis de documentos en los que se buscaba estudiar los parámetros y prácticas operacionales utilizadas durante la perforación de la fase horizontal en la FPO.
 - o Se logró alcanzar completamente el objetivo establecido, ya que con el diagnóstico realizado se pudo definir con mayor profundidad la orientación del proyecto que en esta investigación fue formulado.
 - o El diagnóstico realizado fue sumamente importante ya que amplió la visión de aspectos considerados en la definición de los entregables y de las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología.
- Definir las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología, que busque ser atractiva para los involucrados, incluyendo manuales y herramienta computacional necesaria para su implementación. Para este objetivo específico se tiene:
 - o Se utilizó el juicio de expertos, se contactó a profesionales con experiencia en proyectos de perforación horizontal en la FPO, profesionales de PDVSA Intevep y de PDVSA que laboran en las áreas operacionales, adicionalmente, se realizó un análisis de documentos, haciendo una revisión de publicaciones, de proyectos realizados por la Gerencia Departamental de Construcción de Pozos PRCP de PDVSA Intevep, así como de libros y revistas especializadas en el tema del proyecto que se formuló y, a su vez, se

hicieron entrevistas no estructuradas a personas que se consideró eran fuente de información para el estudio.

- o Se logró definir la totalidad de las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología, pudiendo así cubrir completamente el objetivo planteado.
 - o La definición de actividades fue un trabajo iterativo, en el que consideró todos los planes de gestión abordados en esta formulación.
- Diseñar los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio. Con relación a este objetivo específico se tiene:
 - o Se utilizó el juicio de expertos, en el que se consideró la pericia de individuos que laboran en PDVSA Intevep con capacitación y conocimiento especializados en el área de estudio, así como también se consideró las herramientas y técnicas planteadas en el PMI (2017) para los diferentes planes de gestión propuestos en esta investigación.
 - o Se logró alcanzar la totalidad del objetivo planteado, al desarrollar los planes de gestión establecidos, específicamente, los planes asociados a: Gestión del Alcance, Gestión del Cronograma, Gestión de los Costos y Gestión de los Riesgos.
 - o Se resaltó la utilidad del PMI (2017) como guía para el desarrollo de todas las etapas de los proyectos, incluida su formulación. Asimismo, se destacó como la etapa de formulación fue un trabajo iterativo, en el que los planes están relacionados y el desarrollo de uno de ellos puede propiciar la modificación o actualización de un uno, o de varios, previamente desarrollados.

- Estructurar el plan detallado de ejecución del proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela. Con referencia a este objetivo específico se tiene:
 - o Se utilizó el juicio de expertos y entrevistas no estructuradas. Contactando a profesionales de PDVSA Intevep y de PDVSA que laboran en las áreas operacionales, tanto en ingeniería como en operaciones de perforación.
 - o Se alcanzó completamente el objetivo establecido, el cual era el de estructurar el plan detallado de ejecución del proyecto.
 - o El desarrollo del plan detallado de ejecución de proyecto permitió corroborar la importancia del mismo como una guía para el equipo del proyecto.
- Definir que estrategias son necesarias para transferir a personal del área operacional de PDVSA los conocimientos que se desarrollen durante la materialización del proyecto que en esta investigación se formula. Con respecto a este objetivo específico se tiene:
 - o Se utilizó el juicio de expertos, contactando a personas con amplia experiencia en la formación de personal que laboran en la industria petrolera y, a su vez, se realizó entrevistas no estructuradas en las que se consultó a profesionales del área educativa. Por otra parte, se hizo un análisis de documentos, se revisó material de cursos asociados al tema de la investigación.
 - o Este objetivo específico fue cubierto en su totalidad, ya que se logró definir estrategias necesarias para transferir a personal de las áreas operacionales de PDVSA que está asociados a la perforación horizontal en arenas no consolidadas, tanto de ingeniería como de

operaciones, los conocimientos que se desarrollen durante la materialización del proyecto que en esta investigación fue formulado.

- o Durante el desarrollo de este objetivo se pudo apreciar la importancia del mismo, ya que se enfoca en la divulgación del conocimiento que se pretende consolidar a lo largo del desarrollo del proyecto que se formuló en esta investigación, buscando darle utilidad a los conocimientos y productos que se obtengan de éste.

A continuación, en la Tabla 14 se muestra un resumen de los aspectos analizados en esta sección. En esta tabla se observa como se logró alcanzar completamente todos los objetivos específicos establecidos para esta investigación. Además, muestra que técnicas y herramientas se utilizaron para lograrlos y lecciones aprendidas que se obtuvieron durante el desarrollo de cada uno de estos objetivos.

Tabla 14. Evaluación de la investigación

Objetivo Específico	Técnicas y herramientas	Porcentaje de cumplimiento	Lecciones aprendidas
Definir los estudios previos necesarios para el desarrollo de la metodología a proponer	Análisis de documentos Juicio de expertos Entrevistas	100%	Se puede ampliar la visión del tema a investigar si se consulta a personas con experiencia
Diagnosticar cómo se realiza la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos petroleros actualmente en Venezuela	Juicio de expertos Análisis de documentos	100%	Este diagnóstico amplió la visión de aspectos considerados en la definición de entregables y de actividades requeridas para el desarrollo de la metodología
Definir las actividades requeridas para el desarrollo de la metodología, que busque ser atractiva para los involucrados, incluyendo manuales y herramienta computacional necesaria para su implementación	Juicio de expertos Análisis de documentos Entrevistas	100%	La definición de actividades es un trabajo iterativo, en el que considera los planes de gestión involucrados en la formulación
Diseñar los planes que conforman el plan de ejecución del proyecto en estudio	Juicio de expertos Herramientas y técnicas planteadas en el PMI (2017)	100%	Se resaltó la utilidad del PMI (2017) como guía para el desarrollo de todas las etapas de los proyectos Se destacó como la etapa de formulación es un trabajo iterativo en el que los planes están relacionados
Estructurar el plan detallado de ejecución del proyecto para optimizar la perforación de hoyos de alto ángulo para la construcción de pozos de producción de petróleo en Venezuela	Juicio de expertos Entrevistas	100%	El desarrollo del plan detallado de ejecución de proyecto permitió corroborar la importancia del mismo como una guía para el equipo del proyecto
Definir que estrategias son necesarias para transferir a personal del área operacional de PDVSA los conocimientos que se desarrollen durante la materialización del proyecto que en esta investigación se formule	Juicio de expertos Entrevistas	100%	Se resaltó la importancia de considerar la divulgación del conocimiento que se genere, buscando darle utilidad al mismo

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este Capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó a lo largo de esta investigación.

8.1 Conclusiones

- De modo de garantizar el éxito del proyecto formulado es necesaria la evaluación del mismo. Evaluación que considere al menos: análisis de mercado, análisis técnico, evaluación económica y estudio socio ambiental.
- Con el desarrollo del proyecto formulado en esta investigación PDVSA profundizaría técnicamente en un área fundamental en sus operaciones con lo que podría reducir costos y tiempos durante la construcción de sus pozos en la FPO.
- Con una adecuada formulación del proyecto existe la posibilidad de influenciar los costos y tiempos del mismo en una fase que implica costos pequeños en comparación con los costos asociados a la ejecución del proyecto.
- Para la optimización de perforación horizontal en la FPO es necesaria la masificación de los productos que se desarrollen a lo largo de la ejecución del proyecto que se formuló en esta investigación. Los productos serían: metodología de trabajo a utilizar durante la perforación de los hoyos de alto ángulo en la FPO, herramienta computacional necesaria para su implementación y manuales, tanto de planificación como de operaciones, de perforación de hoyos de alto ángulo en arenas no consolidadas.
- Es necesario la utilización de estrategias adecuadas para transferir los conocimientos que garanticen la correcta utilización de los productos que se generen durante la ejecución del proyecto formulado en esta investigación.
- Al proponer en el proyecto formulado una metodología y herramienta computacional que operen con las tecnologías y equipos disponibles, en la

actualidad, por parte de PDVSA en sus operaciones de perforación, se reducen los costos asociados a su implantación en la FPO.

8.2 Recomendaciones

- Realizar una evaluación del proyecto formulado que considere al menos: análisis de mercado, análisis técnico, evaluación económica y estudio socio ambiental. Esta evaluación está fuera del alcance de esta investigación.
- Desarrollar el proyecto formulado en esta investigación de manera de buscar optimizar la perforación de los hoyos de alto ángulo durante la construcción de los pozos en la FPO. Esta recomendación está condicionada a los resultados y recomendaciones de la evaluación del proyecto formulado, a su factibilidad.
- Desarrollar todos los grupos de procesos de la dirección de proyecto (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre) durante la ejecución del proyecto formulado de modo de buscar garantizar el éxito del mismo. En el PMI (2017) se puede conseguir información detallada de los procesos involucrados en la gerencia de proyectos, así como recomendaciones en cuanto a prácticas a seguir.
- Realizar la masificación de los productos resultantes de la ejecución del proyecto formulado, una vez completado el mismo, para lo cual se recomienda involucrar al Departamento de Soporte Tecnológico de PDVSA Intevep. Esta masificación está fuera del alcance del proyecto que se formuló en esta investigación.
- Transferir los conocimientos que se desarrollen, a lo largo de la ejecución del proyecto formulado, al personal del área operacional de PDVSA de la FPO asociado a la perforación horizontal, apoyándose en las estrategias propuestas en esta investigación, buscando garantizar la correcta utilización de los productos generados durante la ejecución del proyecto formulado.

- Evaluar la posibilidad de ejecutar un segundo proyecto para optimizar la perforación de hoyos horizontales en la FPO (una vez haya finalizado la ejecución del proyecto formulado en esta investigación), que busque facilitar el proceso de “soporte en taladro” proponiendo tecnologías y equipos necesarios (por ejemplo medidores del flujo de ripios que llega a superficie) y en el cual se realicen estudios ya sean experimentales o numéricos asociados al flujo de saltación (transporte de ripios) en hoyos de alto ángulo. Esto permitiría hacer la metodología de trabajo más fácil de utilizar, se dispondría de más información para los análisis, así como se profundizaría en el entendimiento de las condiciones del hoyo durante la perforación, pero implicaría mayores costos para ejecutar el proyecto por los estudios indicados, y para su implementación y masificación ya que implicaría compra de equipo para los taladros, razón por la cual tales aspectos no fueron considerados en el proyecto formulado en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Baca, G. (2001). *Evaluación de Proyectos* (Cuarta Edición). México. Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A.

Balestrini, M. (2006). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación* (Séptima Edición). Caracas. BL Consultores Asociados Servicio Editorial.

Barberii, E. (2001) *El Pozo Ilustrado* (Quinta Edición). Caracas. Foncied.

Blanco, A. (2001) *Formulación y Evaluación de Proyectos* (Primera Edición). Caracas. Petróleos de Venezuela S.A. Fondo Editorial Tropykos.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación, Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales* (Tercera Edición). Colombia. Prentice Hall.

Chamoun, Y. (2002). *Administración Profesional de Proyectos La Guía* (Primera Edición). México. Mc Graw Hill.

Conran, G. (2008). *Horizontal and Complex-Trayectory Wells*. Artículo publicado en la revista *Journal of Petroleum Technology*, JPT, Publicación oficial de *The Society of Petroleum Engineers*, SPE.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). Publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36.860 del 30 de diciembre de 1999. Con enmienda publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.908 del 19 de febrero de 2009. Caracas.

Guerra, C. (2009). *Formulación de un Plan de Aseguramiento de la Calidad para los Proyectos de Construcción de Salas de Resonancia Magnética en Hospitales Tipo IV adscritos al Ministerio del Poder Popular para la Salud*. Trabajo Especial de Grado para optar el Título de Especialista en Gerencia de Proyectos. Universidad Católica Andrés Bello.

Hernández, R. Fernández, C. Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición). México. Mc Graw Hill Education.

K&M Technology Group. (2003). *Drilling Design and Implementation for Extended Reach and Complex Wells*. Houston.

K&M Technology Group. (2013). *Extended Reach Engineering Design and Implementation Course*. Houston.

Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología en Innovación. Publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.575 del 16 de diciembre de 2010. Caracas.

Merlin ERD .(2012). *Trouble free, high angle, ERD & Complex wells Course*. Aberdeen.

Palacios, L. (2005). *Gerencia de Proyectos. Un enfoque latino*. Caracas. Universidad Católica Andrés Bello.

PDVSA. (2013) *Colección “Cuadernos Soberanía Petrolera” Intevep* (Primera Edición). Caracas. C.A. Litoven.

PDVSA Intevep. (2005). *Política de Ética en el Negocio y Conflicto de Intereses*. Los Teques.

PDVSA Intevep (2007). *Metodología para ejecutar y documentar Proyectos de Investigación y Desarrollo en Intevep*. Los Teques.

PDVSA Intevep. (2010) *Manual de Organización de Intevep*. Los Teques.

PDVSA Intevep (2018). *Gerencia de Recursos Humanos*. Los Teques.

PDVSA (2018a). Página Oficial de PDVSA. *Objetivos de Intevep*. Consultado en marzo 20 de 2018 de http://www.pdvsa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6051:objetivos&catid=39&Itemid=101&lang=es

PDVSA (2018b). Intranet de PDVSA. *Intevep. ¿Quiénes somos?* Consultado en marzo 20 de 2018 en http://intranet.pdvsa.com/portal_corporacion/filiales/intevep/quienes-somos.

Pérez, N. (2012). *Formulación de un Plan para la Gestión de Proyectos de Desarrollo de Software en Banco Activo*. Trabajo Especial de Grado para optar el Título de Especialista en Gerencia de Proyectos. Universidad Católica Andrés Bello.

PMI. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Guía del PMBOK* (Sexta Edición). Pennsylvania. Project Management Institute, Inc.

Sapag, N. (1993). *Criterios de Evaluación de Proyectos* (Primera Edición). España. McGraw Hill.

Silva, A. (2012). *Propuesta de una Metodología para la Formulación de Proyectos en la Unidad de Proyectos Especiales Modernización de Aeropuerto y Gestión de Transito Aéreo (MAGTA) del INAC, con Base en el PMBOK*. Trabajo Especial de Grado para optar el Título de Especialista en Gerencia de Proyectos. Universidad Católica Andrés Bello.

Thompson, J. Wilkes, J. Merland, C. (2015). *A Case History from Three High-angle Wells in Austria*. Publicación preparada para ser presentada en la *Western Regional Meeting, Society of Petroleum Engineers, SPE*. California.

Vieytes, R. (2004). *Metodología de la Investigación en Organizaciones, Mercado y Sociedad, Epistemología y Técnicas* (Primera Edición). Argentina. Editorial de Las Ciencias.