

EVALUACIÓN DE PERFORACIÓN DE UN PROSPECTO EXPLORATORIO EN  
EL BLOQUE PUNTERO EN LA CUENCA DE LOS LLANOS ORIENTALES CON  
BASE EN LINEAMIENTO PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE

HERNÁN FELIPE LOPEZ VARGAS  
JUAN PABLO PÉREZ ZAMBRANO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BOGOTÁ, D.C.  
AÑO 2017

EVALUACIÓN DE PERFORACIÓN DE UN PROSPECTO EXPLORATORIO EN  
EL BLOQUE PUNTERO EN LA CUENCA DE LOS LLANOS ORIENTALES CON  
BASE EN LINEAMIENTO PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE

HERNÁN FELIPE LOPEZ VARGAS  
JUAN PABLO PÉREZ ZAMBRANO

Proyecto integral de grado para optar por el título de  
INGENIERO DE PETRÓLEOS

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BOGOTÁ, D.C.  
AÑO 2017

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Adriana Ruiz

---

Ing. Iván Peñaloza

---

Ing. Alejandro Contreras

Bogotá D.C. noviembre de 2017

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. JAIME POSADA DÍAZ**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUÍS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrados

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA**

Secretario General

**Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCIA-PEÑA**

Decano de la Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa de Ingeniería de Petróleos

**Ing. JOSÉ HUMBERTO CANTILLO SILVA**

Las Directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Agradezco a mis padres por el apoyo que me han brindado a lo largo de todos estos años, por formarme como persona y ser la base para mi formación profesional.

A mi hermano por estar siempre presente, por su apoyo y por ser una ayuda incondicional.

Hernán Felipe López Vargas

Agradezco inmensamente a mis padres y mi hermana por apoyarme durante toda mi vida, y ser motivación en este proceso, sin ellos no hubiera sido posible.

Juan Pablo Pérez Zambrano

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

**CEPSA COLOMBIA S.A.**, por patrocinar y dar soporte al desarrollo del presente proyecto.

**Ing. Blas Rafael Montoya Noreña**, Coordinador Planeación Operativa, CEPSA y Director del trabajo de grado, por el acompañamiento a lo largo del proyecto, sin el cual no se hubiera podido llevar a cabo este trabajo.

**Ing. Pedro Alina**, Coordinador de Ingeniería CEPSA, por otorgarnos la posibilidad de poder trabajar con el área de ingeniería y facilitar los procesos para cumplir con los requerimientos de la universidad.

**Ing. Alejandro Contreras Garzón**, Orientador Técnico Universidad de América, por acompañamiento realizado en todo el transcurso del proyecto, por apoyar y aconsejar el desarrollo del mismo.

**Ing. Carlos Bernal**, Ingeniero de Fluidos Baroid, por contribuir con la ejecución de este proyecto.

**Ing. Daniel Becerra**, Supervisor de Perforación CEPSA, por brindar su apoyo al desarrollo del proyecto.

**Ing. Carlos Espinosa**, Docente Universidad de América, contribuir a la realización del presente trabajo.

**Geo. Rosa Amelia Parra**, Orientadora Geológica, por guiar y aconsejar la elaboración del documento.

A las Directivas, Cuerpo Docente y Personal Administrativo de la Universidad América por el apoyo y la capacitación recibida durante la carrera.



## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	32
OBJETIVOS	33
1.GENERALIDADES DEL BLOQUE PUNTERO	34
1.1 HISTORIA	34
1.2 LOCALIZACIÓN	34
1.3 MARCO GEOLÓGICO	38
1.3.1 Columna estratigráfica	38
1.3.2 Estratigrafía	38
1.3.2.1 Formación Une	40
1.3.2.2 Formación Gachetá	40
1.3.2.3 Formación Guadalupe	40
1.3.2.4 Formación Mirador	40
1.3.2.5 Formación Carbonera	41
1.3.2.6 Formación León	41
1.3.2.7 Formación Guayabo	41
1.3.3 Geología Estructural	42
1.3.4 Geología del Petróleo	42
1.3.4.1 Roca Generadora	42
1.3.4.2 Roca Reservorio	42
1.3.4.3 Migración	43
1.3.4.4 Roca Sello	43
1.3.4.5 Trampa	43
1.4 HISTORIA DE PRODUCCIÓN	43
2. METODOLOGÍAS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS	46
2.1 TIPOS DE METODOLOGÍAS Y ORGANIZACIONES QUE PROMUEVEN LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS	46
2.1.1 Enfoque de Marco Lógico, LFA (Logical Framework Approach)	46
2.1.1.1 Actividad 1, Alineación con la estrategia y el programa	47
2.1.1.2 Actividad 2, Desarrollo del objetivo	48
2.1.1.3 Actividad 3, Salidas o Entregables	48
2.1.1.4 Actividad 4, Actividades de Componentes	48
2.1.1.5 Actividades 5 - 8, Indicadores de Desempeño	48
2.1.1.6 Actividades 9 - 12, Monitoreo y Evaluación	49
2.1.1.7 Actividades 13 – 16, Suposiciones y Riesgos	49
2.1.2 Asociación Internacional de Dirección de Proyectos, IPMA (International Project Management Association)	50

2.1.2.1 Asociación para la Dirección de Proyectos, APM (Association for Project Management)	50
2.1.3 Análisis Independiente de Proyectos, IPA (Independent Project Analysis)	51
2.1.4 Instituto de Dirección de Proyectos, PMI	52
2.1.5 Determinación de la metodología a seguir	53
2.2 DEFINICIONES	54
2.2.1 Proyecto.	54
2.2.2 Programa	55
2.2.3 Portafolio	55
2.2.4 Relación de Proyectos, Programas y Portafolios	56
2.2.5 Contexto de la Organización	57
2.2.5.1 Activos de los Procesos de la Organización	59
2.2.5.2 Factores Ambientales de la Empresa	59
2.2.5.3 Interesados del Proyecto	59
2.2.5.4 Gobernabilidad del proyecto	59
2.2.6 Ciclo de Vida del Proyecto	60
2.2.7 Fases del Proyecto	63
2.2.7.1 Relaciones entre Fases	64
2.2.8 Procesos de la Dirección de Proyectos	65
2.2.8.1 Interacción entre los Grupos de proceso de la Dirección de Proyectos	65
2.2.8.2 Grupo de Procesos de Inicio	67
2.2.8.3 Grupo de Procesos de Planificación	67
2.2.8.4 Grupo de Procesos de Ejecución	68
2.2.8.5 Grupos de Procesos de Monitoreo y Control	68
2.2.8.6 Grupo de Procesos de Cierre	69
2.2.8.7 Áreas de Conocimiento	69
2.3 DIRECCIÓN DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO	71
2.3.1 Metodologías aplicadas de dirección de proyectos en las algunas compañías petroleras que operan en Colombia	72
2.3.1.1 CEPSA, Unidad de Planeación Operativa	72
2.3.1.2 ECOPETROL, Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos, MMGP	76
2.3.1.3 Relación de los modelos expuestos, con el PM	78
2.3.2 Ejemplo práctico de metodología, Pacific Corp. Must Do	79
3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE POZO EXPLORATORIO	82
3.1 DETERMINACIÓN DEL ALCANCE	84
3.1.1 Definición del alcance del proyecto	85
3.1.1.1 Enunciado del alcance del proyecto	85
3.1.2 Evaluación de alternativas	86
3.1.2.1 Definiciones	86
3.1.2.2 Tipos de Pozo	87
3.1.1.3 Selección de alternativa	90
3.2 GENERACIÓN DE LA ESTRUCTURA DETALLADA DEL TRABAJO	95
4. GENERACIÓN DE MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS.	98

4.1 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DEL PROYECTO	98
4.1.1 Definir las actividades	98
4.1.2 Estimación de la duración de las actividades	106
4.1.2.1 Estimación por Tres Valores.	108
4.1.3 Desarrollo del cronograma	118
4.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS	123
4.2.1 Estimación de costos pozo Fénix Sur	125
4.2.2 Determinación del presupuesto.	136
4.3 DETERMINACIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO	138
4.3.1 Identificación de los riesgos	138
4.3.2 Análisis cualitativo de riesgos	144
5. DEFINICIÓN DEL PLAN DE EJECUCIÓN	151
5.1 INTRODUCCIÓN	151
5.1.1 Descripción de la necesidad que generó el proyecto	152
5.1.2 Antecedentes	152
5.2 OBJETIVO	152
5.3 DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO	152
5.3.1 Listado de Entregables	153
5.3.1.1 Obras Civiles	153
5.3.1.2 Ambientales	153
5.3.1.3 Perforación	153
5.3.1.4 Línea de Flujo	154
5.3.2 Alcance no incluido	154
5.3.3 Restricciones y Asunciones	154
5.4 PLAN DE EJECUCIÓN	155
5.4.1 Equipo de Trabajo.	155
5.4.2 Metodología de Gestión de Adquisiciones	157
5.4.2.1 Tipos de Adquisiciones	157
5.4.3 Planificación de la gestión de interesados.	159
5.4.4 Plan de Gestión de las Comunicaciones.	163
5.5 PRESUPUESTO	166
5.6 CRONOGRAMA	167
5.7 GESTIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES	167
6. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE EJECUCIÓN	171
6.1 MOVILIZACIÓN Y ARME	171
6.2. PERFORACIÓN Y REGISTROS	172
6.3 ESTADO MECÁNICO FINAL	175
6.4 COMPARACIÓN DEL PRESUPUESTO EN LA PLANEACIÓN Y LA EJECUCION	177
6.4.1 Análisis de la comparación de presupuestos	178
7. ANÁLISIS FINANCIERO	179
7.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)	181

7.1.1 Escenario Uno	181
7.1.2 Escenario Dos	182
7.2 EVALUACIÓN FINANCIERA	183
7.2.1 Valor presente neto (VPN)	183
7.2.2 Tasa de Interés de Oportunidad (TIO)	184
7.2.3 Flujo de Caja	184
7.2.3.1 Escenario uno	184
7.2.3.2 Escenario dos	185
7.3 CONCLUSIÓN DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA	185
8. CONCLUSIONES.	186
9. RECOMENDACIONES	187
BIBLIOGRAFÍA	188
ANEXOS	191

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos	70
<b>Tabla 2.</b> Problemas, Estrategias e Implicaciones para el proceso EOR en Caracara	76
<b>Tabla 3.</b> Actividades para el grupo de procesos de planeación para todas las áreas de Conocimiento.	83
<b>Tabla 4.</b> Actividades de Obras Civiles	101
<b>Tabla 5.</b> Actividades ambientales	101
<b>Tabla 6.</b> Actividades de pre operativos	102
<b>Tabla 7.</b> Actividades de movilización y arme	102
<b>Tabla 8.</b> Perforación y Registros, Perforación Fase 17 ½".	102
<b>Tabla 9.</b> Perforación y Registros, Perforación Fase 12 ¼" (Exploratorio)	103
<b>Tabla 10.</b> Perforación y Registros, Abandono Hueco Exploratorio	103
<b>Tabla 11.</b> Perforación y Registros, Perforación de Fase 12 ¼" (Desarrollo)	104
<b>Tabla 12.</b> Perforación y Registros, Fase 8 ½".	105
<b>Tabla 13.</b> Actividades de completamiento	105
<b>Tabla 14.</b> Actividades de línea de flujo	105
<b>Tabla 15.</b> Expertos consultados para la Estimación por Tres Valores	109
<b>Tabla 16.</b> Actividades a estimar tiempos	109
<b>Tabla 17.</b> Tiempos Estimados perforación Fénix-1	110
<b>Tabla 18.</b> Resultado de las encuestas para estimación por tres valores	110
<b>Tabla 19.</b> Duración de obras civiles	111
<b>Tabla 20.</b> Duración de ambientales	111
<b>Tabla 21.</b> Duración de movilización y arme	112
<b>Tabla 22.</b> Duración de movilización y arme	112
<b>Tabla 23.</b> Duración sección 17-1/2"	113
<b>Tabla 24.</b> Duración de sección 12-1/4" piloto	113
<b>Tabla 25.</b> Duración de abandono	114
<b>Tabla 26.</b> Duración de sección de 12-1/4" desarrollo	115
<b>Tabla 27.</b> Duración de sección de 8-1/2"	116
<b>Tabla 28.</b> Duración de completamiento	116
<b>Tabla 29.</b> Duración línea de flujo	117
<b>Tabla 30.</b> Estimación costos Obras Civiles	126
<b>Tabla 31.</b> Estimación costos Ambientales	126
<b>Tabla 32.</b> Estimación de Costos Pre Operacionales	127
<b>Tabla 33.</b> Estimación de costos para Movilización y Arme	127
<b>Tabla 34.</b> Estimación de costos Sección de 17 ½"	128
<b>Tabla 35.</b> Estimación costos Sección 12 ¼".	129
<b>Tabla 36.</b> Estimación de costos para Tapón y Abandono	130

<b>Tabla 37.</b> Estimación costos Sección 12 ¼” Desarrollo	131
<b>Tabla 38.</b> Estimación de costos Sección de 8 ½”	133
<b>Tabla 39.</b> Estimación de costos para el completamiento subsuelo	134
<b>Tabla 40.</b> Estimación de costos Completamiento de Superficie	135
<b>Tabla 41.</b> Estimación costos Línea de Flujo	136
<b>Tabla 42.</b> Presupuesto para el proyecto	138
<b>Tabla 43.</b> Registro de riesgos	143
<b>Tabla 44.</b> Calificación de los niveles de Impacto	147
<b>Tabla 45.</b> Calificación de la probabilidad de ocurrencia	148
<b>Tabla 46.</b> Ejemplo de Matriz RACI	156
<b>Tabla 47.</b> Plan de Adquisiciones del Proyecto	158
<b>Tabla 48.</b> Matriz para la Evaluación de participación de los interesados	163
<b>Tabla 49.</b> Planificación de Comunicaciones	165
<b>Tabla 50.</b> Determinación de presupuesto incluyendo contingencia de riesgo	166
<b>Tabla 51.</b> Gestión de Mitigación de Riesgo	168
<b>Tabla 52.</b> Tiempos y Costos para la movilización y arme	171
<b>Tabla 53.</b> Comparación de costos para la planeación y ejecución. Para la fase de 17 ½”	172
<b>Tabla 54.</b> Comparación de costos para la planeación y ejecución. Para la fase de 12 ¼”	174
<b>Tabla 55.</b> Comparación de costos para la planeación y ejecución. Para el abandono	174
<b>Tabla 56.</b> Presupuesto en el plan de ejecución	177
<b>Tabla 57.</b> Presupuesto total en el plan de ejecución.	177
<b>Tabla 60.</b> Costos reales de la perforación	178
<b>Tabla 59.</b> Campaña de perforación	181
<b>Tabla 60.</b> Costo por pozo con la utilización del 30% PMI	182
<b>Tabla 61.</b> Costos de inversión con la utilización del 30% PMI	182
<b>Tabla 62.</b> Costos por pozo con la utilización del 100% PMI	182
<b>Tabla 63.</b> Costos de inversión con la utilización del 100% PMI	183

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Mapa de localización del Bloque Puntero, Cuenca Llanos Orientales, Colombia.	37
<b>Figura 2.</b> Columna Estratigráfica Generalizada de los Llanos Orientales con pozo tipo del Bloque Puntero	39
<b>Figura 3.</b> Matriz de Marco Lógico	49
<b>Figura 4.</b> Ciclo de Vida de los Proyectos para APM	51
<b>Figura 5.</b> Ciclo de Vida IPA	52
<b>Figura 6.</b> Relación de los Proyectos, Programas y Portafolios	56
<b>Figura 7.</b> El Proyecto y el contexto del proyecto	58
<b>Figura 8.</b> Desarrollo del proyecto a través del Ciclo de Vida	61
<b>Figura 9.</b> Niveles Típicos de Costo y Dotación de Personal	62
<b>Figura 10.</b> Afectación de las variables en función del tiempo del proyecto.	63
<b>Figura 11.</b> Ejemplo de una Relación Secuencial de Fases	64
<b>Figura 12.</b> Ejemplo de un proceso superpuesto	65
<b>Figura 13.</b> Interacción de los Grupos de Proceso	66
<b>Figura 14.</b> Superposición de los grupos de procesos	67
<b>Figura 15.</b> Modelo de Dirección de Proyectos de CEPESA	74
<b>Figura 16.</b> Enfoque Integrador de Proyecto CEPESA	75
<b>Figura 17.</b> Fases del Modelo MMGP de ECOPETROL	78
<b>Figura 18.</b> Definir el alcance: Entradas, técnicas y herramientas, salidas	85
<b>Figura 19.</b> Ejemplo de pozo vertical	87
<b>Figura 20.</b> Pozo tipo tangencial	88
<b>Figura 21.</b> Pozo tipo S	89
<b>Figura 22.</b> Pozo tipo J	90
<b>Figura 23.</b> Alternativas de pozo	91
<b>Figura 24.</b> Perfil de Pozo Fénix Sur	92
<b>Figura 25.</b> Crear a EDT/WBS: Entradas, técnicas y herramientas.	96
<b>Figura 26.</b> Ejemplo de una EDT/WBS desglosada hasta el nivel de paquetes de trabajo	97
<b>Figura 27.</b> Ejemplo de una EDT/WBS	100
<b>Figura 28.</b> Estimar la duración de las actividades	108
<b>Figura 29.</b> Ejemplo de ruta crítica	119
<b>Figura 30.</b> Ejemplo de cadena crítica	120
<b>Figura 31.</b> Desarrollo de cronograma	122
<b>Figura 32.</b> Estimar costos	125
<b>Figura 33.</b> Determinación de presupuesto	137
<b>Figura 34.</b> Identificación Riesgos	140
<b>Figura 35.</b> Análisis de selección de riesgos	141
<b>Figura 36.</b> Lista chequeo para identificación de riesgos	142

<b>Figura 37.</b> Análisis cualitativo de riesgos	145
<b>Figura 38.</b> Factores para la identificación impacto	146
<b>Figura 39.</b> Factores para la calificación de la Ocurrencia	148
<b>Figura 40.</b> Representación en la RAM, con leyenda de colores.	149
<b>Figura 41.</b> Matriz RAM para la Perforación de Pozo Fénix Sur	150
<b>Figura 42.</b> Estructura Organizacional CEPESA	160
<b>Figura 43.</b> Dependencias operacionales influyentes en la perforación de Fénix Sur	161
<b>Figura 44.</b> Clasificación de interesados de la comunidad	162
<b>Figura 45.</b> Riesgos antes de la gestión de mitigación	169
<b>Figura 46.</b> Riesgos luego de la gestión de mitigación.	170
<b>Figura 47.</b> Estado mecánico final de la perforación del hueco piloto	176
<b>Figura 48.</b> Estado Mecánico tipo de la cuenca	180



## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
<b>Gráfico 1.</b> Producción acumulada de petróleo del Bloque Puntero	45
<b>Gráfico 2.</b> Evolución de la Perforación del Campo durante 24 meses.	81
<b>Gráfico 3.</b> Evolución de la Producción en el Campo “Y” durante 36 meses	81
<b>Gráfico 4.</b> Desarrollo Perforación. Profundidad vs Tiempo. Sección 17 ½”	172
<b>Gráfico 5.</b> Desarrollo Perforación. Profundidad vs Tiempo. Sección 12 ¼”	174
<b>Gráfico 6.</b> Flujo de caja con la utilización de un 30% del PMI	184
<b>Gráfico 7.</b> Flujo de caja con la utilización del 100% de PMI	185

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
<b>Ecuación 1.</b> Ángulo de curvatura	93
<b>Ecuación 2.</b> Radio de curvatura	93
<b>Ecuación 3.</b> Longitud de sección construida	94
<b>Ecuación 4.</b> Tasa de construcción de ángulo.	94
<b>Ecuación 5.</b> Distribución Beta, Técnica de Tres Valores	108
<b>Ecuación 6.</b> Ecuación General Valor Presente Neto	183

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Estructura detallada del trabajo	192
<b>Anexo B.</b> Cronograma detallado del proyecto	197
<b>Anexo C.</b> Encuesta Juicio de Expertos	205
<b>Anexo D.</b> Forma 6CR abanono Fénix Sur	208
<b>Anexo E.</b> Asignación de Actividades	209
<b>Anexo F.</b> Matriz de interesados	215

## ABREVIATURAS

”	Pulgadas
<b>μM</b>	Micrómetros
<b>ANH</b>	Agencia Nacional de Hidrocarburos
<b>API</b>	Instituto Americano del Petróleo (por siglas en inglés, American Petroleum Institute).
<b>APM</b>	Asociación para la Dirección de Proyectos (por siglas en inglés, Association Project Management).
<b>bbl.</b>	Barriles
<b>BHA</b>	Ensamblaje de Fondo de Pozo (por siglas en inglés, Bottom Hole Assembly)
<b>BOP</b>	Válvulas para prevenir Estallido (por siglas en inglés, Blow Out Preventer)
<b>BSI</b>	Instituto Británico de Estándares (por siglas en inglés, British Standards Institute)
<b>CAPEX</b>	Inversiones de Capital (por siglas en inglés, Capital Expenditures)
<b>Corp.</b>	Corporación
<b>D.O</b>	Desarrollo del Objetivo (por siglas en inglés, Development Objective)
<b>E&amp;P</b>	Exploración y Producción
<b>EDT</b>	Estructura Detallada del Trabajo
<b>EOR</b>	Recuperación Mejorada de Petróleo (por siglas en inglés, Enhanced Oil Recovery)
<b>FEL</b>	Front End Loading
<b>ft</b>	Pies
<b>FM</b>	Formación

<b>GPM</b>	Dirección de Proyectos Alemana (por siglas en inglés, German Project Management)
<b>IAM</b>	Gestión Integrada de Activos
<b>ICB</b>	IPMA Línea Base de Competencia (por siglas en inglés, IPMA Competence Baseline)
<b>INTERNET</b>	Red Internacional (por siglas en inglés, International Network)
<b>IPA</b>	Análisis Independiente de Proyectos (por siglas en inglés, Independent Project Analysis.).
<b>IPMA</b>	Asociación Internacional para la Dirección de Proyectos (por siglas en inglés, International Project Management Association).
<b>Km.</b>	Kilómetros
<b>KOP</b>	Punto de Desviación (por siglas en inglés, Kick Of Point).
<b>LFA</b>	Enfoque de Marco Lógico (por siglas en inglés, Logical Framework Approach)
<b>LDW</b>	Registrando Mientras se Perfora (por siglas en inglés, Logging While Drilling)
<b>MA</b>	Millones de Años.
<b>MD</b>	Profundidad Medida (por siglas en inglés, Measure Depth)
<b>mm.</b>	Milímetros
<b>MMGP</b>	Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos,
<b>NORAD</b>	Agencia Noruega para la Cooperación del Desarrollo (por siglas en inglés, Norwegian Agency for Development Cooperation)
<b>PEP</b>	Plan de Ejecución del Proyecto.
<b>PERT</b>	Técnicas de Revisión y Evaluación de Proyectos (por siglas en inglés, Project Evaluation and Review Techniques)
<b>PMBOK</b>	Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (por siglas en inglés, Project Management Body of Knowledge)

<b>PMI</b>	Instituto para la Dirección de Proyectos (por siglas en inglés Project Management Institute).
<b>POOH</b>	Retirar del Pozo (por siglas en inglés, Pull Out Off Hole)
<b>RACI</b>	Responsable, Responsable Ultimo, a quien se Consulta, a quien se informa (Responsable, Accountable, Consulted, Informed)
<b>RAM</b>	Matriz de Evaluación de Riesgo (por siglas en inglés, Risk Assessment Matrix)
<b>RIH</b>	Correr en el Pozo (por siglas en inglés, Run In Hole)
<b>TD</b>	Profundidad Total (por siglas en inglés, Total Depth).
<b>TIO</b>	Tasa de Interés de Oportunidad
<b>TOC</b>	Carbón Orgánico Total (por siglas en inglés, Total Organic Carbon).
<b>TVD</b>	Profundidad Vertical Verdadera (por siglas en inglés, True Vertical Depth).
<b>VPN</b>	Valor Presente Neto

## GLOSARIO

**ACTA DE CONSTITUCION DEL PROYECTO:** documento que autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al director de proyecto la autoridad para asignar los recursos de la organización a las actividades del proyecto.

**ANALISIS CUALITATIVO DE RIESGOS:** es el proceso de priorizar los riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos.

**ANTICLINAL:** estructura geológica consistente en un pliegue de capas de rocas convexas hacia arriba; las rocas más antiguas se encuentran en el centro (núcleo).

**ARCILLA:** roca sedimentaria no cementada, formada por las partículas más pequeñas, menores de 0.010 mm (en otras clasificaciones, menores de 0.001 o 0.005 mm) de minerales arcillosos como montmorillonita, caolín, hidrómicas y otros. Es una roca plástica. Con el agua forma una pasta que bajo presión puede adquirir cualquier forma, conservándola al desecarse. Por su origen se reconocen: detríticas y químicas; por las condiciones de formación: residuales, marinas, lagunares, deltaicas, fluviales, lacustres, y otras; por su composición mineralógica: caolín, montmorillonita, hidrómicas, etc.

**ARCILLOLITA:** roca sedimentaria clástica, producto de la diagénesis de la arcilla en ambientes lacustres y de transición, tiene un tamaño de partículas sólidas menor a 0.06  $\mu\text{m}$ .

**ARENISCA:** roca sedimentaria consistente en granos de arena cementados por material arcilloso, calcáreo, por sílice y otros. Según el dominio del tamaño del grano se clasifican en finas, de 0.1 a 0.25 mm; medianas, de 0.25 a 0.5; gruesas, de 0.5 a 2 mm; y por su composición mineralógica pueden ser mono y poliminerales; también pueden ser arenisca de cuarzo, arcosas y grauvacas.

**ARENISCA CUARZOSA:** roca sedimentaria, que se deposita en ambientes de playa, posee un contenido de 95% de cuarzo.

**BHA:** consiste en el arreglo de herramientas utilizadas para realizar la perforación de pozos

**BOP'S:** es el conjunto de válvulas que tiene como finalidad aislar el pozo en un evento de influjo.

**CABALGAMIENTO:** fenómeno en geología, en el que un cuerpo de roca se sobrepone sobre otro, encima de un plano inclinado.

**CALIZA:** roca sedimentaria consistente en calcita o residuos calcáreos de organismos, raras veces de aragonita. Con frecuencia contiene minerales de dolomita, partículas arcillosas y arenosas. Denominados además, según el componente o textura de la misma (oolítica, compacta, cristalina, detrítica, etc.). Por su origen pueden ser orgánicas, inorgánicas, recristalizadas, detríticas y de origen compuesto por el metamorfismo se transforman en mármoles. Son rocas capaces de desarrollar karst

**CANTO RODADO:** tamaño de partícula, que es mayor a 256 mm.

**CICLO DE VIDA DEL PROYECTO:** es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales, su nombre y cantidad dependen de las necesidades de gestión y control por parte de las organizaciones. Los proyectos se pueden configurar dentro de una estructura genérica de cinco fases: inicio, organización y preparación, ejecución del trabajo y cierre.

**CLASTO:** fragmento de roca preexistente que puede variar en tamaño desde canto rodado hasta tamaño de limo.

**CONGLOMERADOS:** roca de material detrítico consistente, esencialmente, en guijarros cementados en una matriz de material más fino: limo, arena, grava. El cementante generalmente es óxido de hierro, carbonatos, material limoso y, raras veces, sílice. Hay varias clasificaciones de los conglomerados, basadas en las condiciones de su formación, en el tipo de cementante, tamaño, origen y composición de los detritos.

**CONTACTO CONCORDANTE:** es aquel que separa dos estratos paralelos entre si y que tienen continuidad temporal.

**CONTACTO DISCORDANTE:** es aquel que separa dos estratos no paralelos, que no tienen continuidad temporal.

**DATUM:** punto de referencia con respecto al cual se mide.

**DIAGRAMA DE GANTT:** estos diagramas presentan la información de cronogramas con la lista de actividades en el eje vertical, las fechas en el eje



horizontal y las duraciones de las actividades se presentan en forma de barras colocadas en función de las fechas de inicio y finalización de cada actividad.

**EDT:** consiste en una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a ser realizado para cumplir con los objetivos del proyecto.

**EPIDOTA:** mineral sorosilicatado de calcio, aluminio y hierro, presenta normalmente un color verde pistacho pero puede variar en diferentes tonalidades de verde. Se presenta en forma cilíndrica mostrando masas radiales y fibrosas. Producto de la alteración de diferentes tipos de roca.

**ESFENO:** o Titanita, es un nesosilicato con forma de cuña de cristal, ocasionalmente masiva, se presenta en diferentes colores como verde, café rojizo, amarillo o negro. Es un mineral accesorio en rocas ígneas alcalinas, especialmente en granitos.

**ESTRATIGRAFIA:** rama de la geología que estudia las rocas estratificadas en términos de tiempo y espacio. Trabaja con la correlación de rocas de diferentes locaciones.

**ESQUISTO:** roca clástica sedimentaria de grano fino, laminar, compuesta por partículas de tamaño de arcilla y tamaño de limo.

**FALLA ANTITÉTICA:** falla secundaria, que presenta en la sección vertical un desplazamiento opuesto a la falla original que la originó.

**FALLA DE CABALGAMIENTO:** falla inversa de ángulo bajo, con un desplazamiento significativo, donde el bloque colgante asciende

**FALLA INVERSA:** aquella donde el bloque del alto se desplazó hacia arriba con respecto al bloque del bajo, a lo largo del plano inclinado de la falla.

**FALLA NORMAL:** aquella en que el bloque del alto se desplazó hacia abajo con respecto al bloque del bajo, a lo largo del plano inclinado de la falla.

**FASES DEL PROYECTO:** es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables.

**FEL:** procesos y actividades requeridas previo a la ejecución de los proyectos.

**FORMACIÓN:** unidad fundamental utilizada en litoestratigrafía. Características específicas distinguen una formación de otra. El espesor es poco importante para esta definición, debido a que en determinada formación esta propiedad puede variar dentro de diferentes afloramientos.

**FRIABLE:** aplicado a la consistencia y a las propiedades de manejo del sólido, significa la facilidad del sólido a desmoronarse.

**GAMMA RAY:** registro de rayos gamma emitidos de forma natural por una formación, permite diferenciar el tipo de litología en el pozo

**GEOLOGÍA ESTRUCTURAL:** rama de la geología que estudia la estructura de las rocas en todas las escalas, y los procesos que producen esas estructuras.

**GRANATE:** mineral formado por un compuesto de hierro, aluminio y silicio cuyo color más frecuente es rojo oscuro. Pertenece al grupo de los silicatos fundamentalmente de origen magmático y metamórfico.

**GRANO:** elementos que componen una roca, su tamaño está entre 2 mm y 0.063 mm.

**INFLUJO:** arremetida de fluido contenido en una formación hacia el pozo, estos pueden ser de agua, petróleo o gas.

**INFRAYACENTE:** estrato o roca que reposa por debajo de otro superior.

**INTERESADO:** es un individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado, o percibirse a sí mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado del proyecto.

**KEROGENO:** término general que describe cualquier materia orgánica insoluble en rocas sedimentarias. Materia orgánica madura que se transforma de biopolímeros (lípidos, lignitos, etc.) a geopolímeros (compuestos nitrogenados y húmicos)

**LIGNITO:** carbón mineral que se forma por compresión de materia orgánica.

**LIMO:** partículas de 0.002 a 0.02 mm de diámetro. Son mayores que las arcillas y menores que las arenas.

**LIMOLITA:** limo litificado, comprende tamaños de grano entre 4  $\mu\text{m}$  y 62.5  $\mu\text{m}$ .

**LINEA DE FLUJO:** tubería de superficie que transporta petróleo, gas o agua que conecta el cabezal del pozo con un múltiple o instalaciones de producción

**LITOLOGÍA:** descripción de las características macroscópicas de la roca.

**LUTITA:** roca sedimentaria, compactada, no fisible, se compone de partículas de tamaño de arcilla y tamaño de limo.

**LWD:** herramientas ensambladas en el BHA que permiten la medición de propiedades de la formación durante la perforación.

**MONOCLINAL:** término utilizado originalmente por H. D. Rogers, en 1843, para definir la inclinación de los estratos en una misma dirección. En 1963 E.S. Hills define el Monoclinal como la porción de una estructura de capas de rocas, horizontales o ligeramente inclinadas que cambian bruscamente a una fuerte inclinación.

**PALEONTOLOGÍA:** ciencia natural que estudia la vida sobre la tierra a través de los fósiles.

**PEGA DIFERENCIAL:** condición en la cual la sarta de perforación no puede moverse o rotar debido a la alta presión en el pozo con respecto a la de la formación.

**PEGA MECANICA:** condición en la cual la sarta de perforación no puede moverse debido un atascamiento en el pozo, puede presentarse por mala limpieza en el hueco y/o basura en el mismo.

**PERFORACIÓN:** construcción de una estructura de manera telescópica, que conecta la superficie con el yacimiento.

**PMA:** conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que causen el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

**POOH:** consiste en la operación de sacar la sarta del pozo.

**POROSIDAD:** propiedad de las rocas que describe la fracción del volumen total que le permite almacenar fluidos, se mide en porcentaje.

**PORTAFOLIO:** conjunto de proyectos, programas, subconjuntos de portafolios que se gestionan como un grupo para alcanzar determinados objetivos estratégicos. Los proyectos o programas del portafolio no son necesariamente interdependientes ni están relacionados de manera directa.

**POZO EXPLORATORIO:** son los primeros en ser perforados en un proyecto. El principal objetivo de este tipo de pozos es encontrar la acumulación de hidrocarburos.

**POZO PRODUCTOR:** pozo que tiene como objetivo extraer fluidos de yacimiento.

**PRESION HIDROSTATICA:** presión ejercida por una columna de fluido, está en función de la gravedad la densidad del fluido y la altura de la columna.

**PROGRAMA:** es un grupo de proyectos relacionados y subprogramas, cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrán si se gestionan de manera individual.

**PROYECTO:** es un esfuerzo temporal que se realiza con la finalidad de crear un producto, servicio o resultado único. Los proyectos son temporales debido a que tienen un inicio y final definidos. Cada proyecto genera un producto, servicio o resultado único, si bien existen elementos repetitivos en algunos entregables y actividades del proyecto, esta repetición no altera las características fundamentales y únicas del trabajo del proyecto.

**PRUEBA DE INTEGRIDAD DE LA FORMACION:** prueba que se realiza con el fin de hallar la presión de fractura en una formación.

**RACI:** es una tabla que muestra los recursos del proyecto asignados a cada paquete de trabajo. Se utiliza para ilustrar las relaciones entre los paquetes de trabajo o las actividades y los miembros del equipo del proyecto.

**RAM:** matriz que permite la evaluación de riesgos, en función de la probabilidad de ocurrencia y el impacto de estos.

**REGISTRO SONICO:** registro acústico que muestra el tiempo de viaje de ondas con respecto a la profundidad.

**REOLOGÍA:** rama de la física que se especializa en la deformación y la manera de fluir de la materia.

**RESISTIVIDAD:** resistencia a conducir la electricidad específica de cada material.

**RUN IN HOLE:** operaciones involucradas en la introducción de herramienta en el pozo.

**RIH:** consiste en introducir herramientas en el pozo

**ROCA ALMACEN:** cuerpo de roca porosa que contiene petróleo y gas, la suficiente permeabilidad para permitir la migración de fluidos.

**ROCA GENERADORA:** roca sedimentaria donde los hidrocarburos se originan, contiene más de 5% de materia orgánica y posee el potencial de generar petróleo.

**ROCA SELLO:** roca impermeable, que en una trampa, impide que el hidrocarburo fluya por fuera de esta.

**SCRAPPER:** dispositivo con aletas o cepillos insertados en una línea de conducción para fines de limpieza.

**SEDIMENTO:** clasificación por tamaños, la propuesta por Ch. K. Wentworth-J. A. Udden es la siguiente: bloque (>256 mm), canto (64-256mm), guijarro (4-64 mm), grava (2-4 mm), arena (0.06-2 mm), limo (0.004-0.06 mm), arcilla (0.004 mm).

**SILICICLÁSTICO:** sedimento que está formado por partículas compuestas por minerales de silicato y otros fragmentos de roca como: limolitas, conglomerados y areniscas.

**SINCLINAL:** pliegue cóncavo de capas de roca, cuyo núcleo está compuesto por las capas más jóvenes. Generalmente presenta las capas de los flancos con inclinación hacia el eje. En los sinclinales las capas de los flancos inicialmente tienen inclinación con rumbos diversos, y después se unen. En los pliegues invertidos y recostados las inclinaciones de las capas siguen un mismo rumbo. El término fue

propuesto por W.D. Conybeare y W. Buckland, de acuerdo con C.F. Naumann (1849). La primera descripción pertenece a F.C. Phillips (1837).

**SUPRAYACENTE:** material (estrato o roca) que reposa sobre otro material.

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una descripción de las diferentes metodologías para la dirección de proyectos que se utilizan actualmente como lo es el enfoque de marco lógico, los estándares de la asociación internacional para la dirección de proyectos (IPMA) y los establecidos por su capítulo en el Reino Unido, la asociación para la dirección de proyectos (APM), los servicios de análisis y evaluación por la compañía IPA y finalmente se describe el estándar establecido por el instituto de dirección de proyectos (PMI). Luego se enuncian definiciones relevantes de la dirección de proyectos.

Debido al alto grado de incertidumbre en ejecución de proyectos en la industria del petróleo, muchas compañías alrededor del mundo han acogido la utilización de diferentes metodologías de dirección de proyectos, incluyendo organizaciones que operan en Colombia. Cada una de éstas construyó su propio modelo basándose en metodologías existentes, por ejemplo ECOPETROL estructuró su modelo con base a ciertos lineamientos de PMI

Para el desarrollo del presente trabajo, se utiliza la metodología de dirección de proyectos del PMI, debido a que integra de manera efectiva diferentes áreas como tiempo, costos, riesgos, etc., brindando un panorama claro para la ejecución de los proyectos, permitiendo una toma de decisiones precisa. La metodología del PMI es aplicable a cualquier tipo de proyecto, ya sea social o de capital, creando dentro de una misma organización una comunicación efectiva para la ejecución simultánea de diferente tipo de proyectos.

La aplicación de los lineamientos PMI, para la perforación en el Bloque Puntero, permitió una determinación óptima de tiempos de las actividades, reduciendo los costos requeridos para la realización de éstas. De igual forma la determinación de los riesgos asociados desde la planificación, asegura una ejecución confiable de los procesos y actividades.

### **Palabras Claves:**

- Perforación,
- Dirección Proyectos,
- Project Management Institute
- Bloque Puntero

## INTRODUCCIÓN

Mediante la evaluación de la perforación utilizando lineamientos del Project Management Institute, se realiza la planificación de la construcción de un pozo exploratorio, desde todas las áreas de conocimiento establecidas por el PMI haciendo énfasis en alcance, tiempo, costos y riesgos, mediante las cuales se determinó la mejor alternativa del tipo de pozo a perforar, se establecieron tiempos precisos para la construcción del pozo piloto y de otras actividades asociadas, se estima de manera óptima los costos requeridos para cada actividad, además se identificaron riesgos desde aspectos técnicos, sociales, regulatorios y económicos.

El presente trabajo se realiza para elaborar e implementar un plan de ejecución para la perforación de un pozo exploratorio, donde se demuestra que mediante la aplicación de parámetros PMI para la dirección de proyectos, se realiza una gestión de proyectos confiable, donde CEPSA además de realizar la perforación dentro de tiempos y costos planificados, genera ahorro en inversión al prever y mitigar situaciones adversas para el desarrollo del proyecto. De igual forma el desarrollo del plan de ejecución tiene en cuenta la participación de interesados externos del proyecto, para este caso, la comunidad que se percibe afectada por el desarrollo del proyecto, éstos pueden generar situaciones problemáticas como retraso en las operaciones y en el peor de los casos, el cierre prematuro del proyecto.

El énfasis desarrollado en las áreas de conocimiento de alcance, tiempos, costos y riesgos, permitió a CEPSA la toma de decisiones oportunas. Por medio del alcance, como se mencionó anteriormente, se determina la trayectoria del pozo a perforar, con base a las restricciones presentes, igualmente se define la estructura detallada de trabajo con los principales entregables de la perforación (estudios ambientales, obras civiles, perforación y registros, y línea de flujo). Se elabora el cronograma secuenciando los paquetes de trabajo y estimando la duración en días, de cada una de estos. Con el cronograma establecido, se realiza la planificación para la gestión de riesgos, primero se identifican y luego se define el plan de mitigación para cada riesgo identificado. El plan de ejecución del proyecto, es la integración de todas las áreas de conocimiento en el grupo de procesos de planificación, previamente, se desarrollan las áreas de adquisiciones, interesados, recurso humano y se analiza su impacto con las áreas ya desarrolladas. Por último se evalúa la desviación del plan de ejecución conforme a los resultados reales de la perforación.

Los resultados obtenidos reflejan el beneficio de la utilización del PMI, debido a que la planificación elaborada permitió ahorros monetarios importantes a CEPSA, a causa de la decisión de realizar un pozo exploratorio vertical antes de la perforación de un pozo desviado, esto generó un ahorro importante de capital por los resultados obtenidos al cierre del proyecto. La identificación y gestión de los riesgos, permitió una respuesta rápida en el momento que ocurrieron durante la ejecución.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la perforación de un prospecto exploratorio del Bloque Puntero en la Cuenca de los Llanos Orientales mediante lineamientos Project Management Institute.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir las generalidades y las características geológicas del Bloque Puntero
2. Describir generalidades de la metodología para la Dirección de Proyectos
3. Describir las metodologías aplicadas de dirección de proyectos en las principales compañías petroleras que operan en Colombia
4. Identificar las alternativas de pozo exploratorio, y la alternativa que cumpla con todas las restricciones del proyecto
5. Realizar una matriz cualificando los riesgos de acuerdo a la estrategia seleccionada a partir de las áreas de conocimiento de tiempo, costo y riesgo
6. Establecer el Plan de Ejecución del Proyecto, mediante Project Management Institute donde se entregue un cronograma detallado de la ejecución del proyecto.
7. Implementar el Plan de Ejecución del Proyecto para la perforación de un pozo exploratorio en el Bloque Puntero, basado en metodología Project Management Institute (PMI)
8. Establecer la viabilidad financiera del proyecto mediante la metodología del indicador Valor Presente Neto

## **1. GENERALIDADES DEL BLOQUE PUNTERO**

En el siguiente capítulo, se realiza una descripción general de las características del Bloque Puntero ubicado en la Cuenca de los Llanos Orientales, haciendo énfasis en la reseña histórica, ubicación geográfica, descripción del marco geológico en donde se describe la estratigrafía, geología estructural y del petróleo, y por último se describe la historia de producción del bloque.

### **1.1 HISTORIA**

CEPSA Colombia S.A., firmó el contrato de Exploración y Producción “E&P” en el año 2009, en donde adquirió el derecho para operar el Bloque Puntero, con un área de 276 km<sup>2</sup>; el mismo año de celebración del contrato, se adquirió 267 km<sup>2</sup> en el programa sísmico, “Puntero 3D”. La información obtenida del programa sísmico permitió definir las estructuras de los pozos perforados posteriormente.

En el año 2012, CEPSA realizó la perforación del pozo exploratorio Satum-1, alcanzó una profundidad de 8030 pies, teniendo como objetivo las areniscas de la Formación Mirador, dicho pozo encontró crudo de 25.6° API, posteriormente en el año 2013 realizó la perforación de dos pozos exploratorios en el Campo Fénix, alcanzaron profundidades de 8050 y 9000 pies, se encontró acumulación de petróleo con gravedad de 26.3° API en la Formación Mirador para el Pozo Fénix-1, mientras que el Pozo Fenix-2 resultó seco, en el año 2014 se perforó el pozo exploratorio Satum-2, alcanzó una profundidad de 7800 pies y encontró hidrocarburos de 26.4° API, en las areniscas de la formación Mirador. En el año 2013, a partir de los pozos Satum-1 y Fénix-1, se declaran comerciales los campos Satum y Fénix.

En la actualidad CEPSA Colombia S.A. continúa siendo el operador del bloque, el Campo Satum finalizó las operaciones debido al alcance de su límite económico. Por otro lado el Campo Fénix continúa en producción.

### **1.2 LOCALIZACIÓN**

El Bloque Puntero, se encuentra ubicado en la zona occidental de la Cuenca de los Llanos Orientales, Municipio de Maní, Departamento del Casanare, Colombia. Para acceder a este, existen dos rutas terrestres y una ruta aérea, partiendo de la Ciudad de Bogotá.

**Rutas terrestres de acceso.** A continuación se describe las rutas que se deben seguir para llegar al Bloque Puntero desde la Ciudad de Bogotá.

- Por el norte de la Ciudad de Bogotá, autopista norte hacia el Municipio de Chía.
- Conducir al Municipio de Guateque, tomando vía I-56.
- Desde Guateque, dirigirse al asentamiento de Agua Clara, Municipio de Sabana Larga, Departamento del Casanare tomando ruta I-56.

A partir de este punto existe solo una ruta de acceso al bloque, la cual será descrita a continuación.

- Continuar por la ruta I-65 al nororiente hasta llegar al Municipio de Monterrey en el Departamento del Casanare. (24,1 kilómetros de recorrido).
- Una vez en el Municipio de Monterrey, dirigirse al Municipio de Tauramena, tomando la ruta I-65 al oriente. (29.4 kilómetros de recorrido).
- Conducir al Municipio de Aguazul, por la ruta I-65 al nororiente. (27 kilómetros de recorrido).
- Tomar la vía que conecta los Municipios de Aguazul y Maní. (55.8 kilómetros de recorrido)
- Al sur del Municipio de Maní, en el kilómetro 26 se gira hacia el sur oriente para acceder al Bloque Puntero. (ver **Figura 1.**)

**Ruta terrestre alterna.** Para llegar hasta el Municipio de Agua Clara existe una vía alterna desde Bogotá, la cual se explica a continuación.

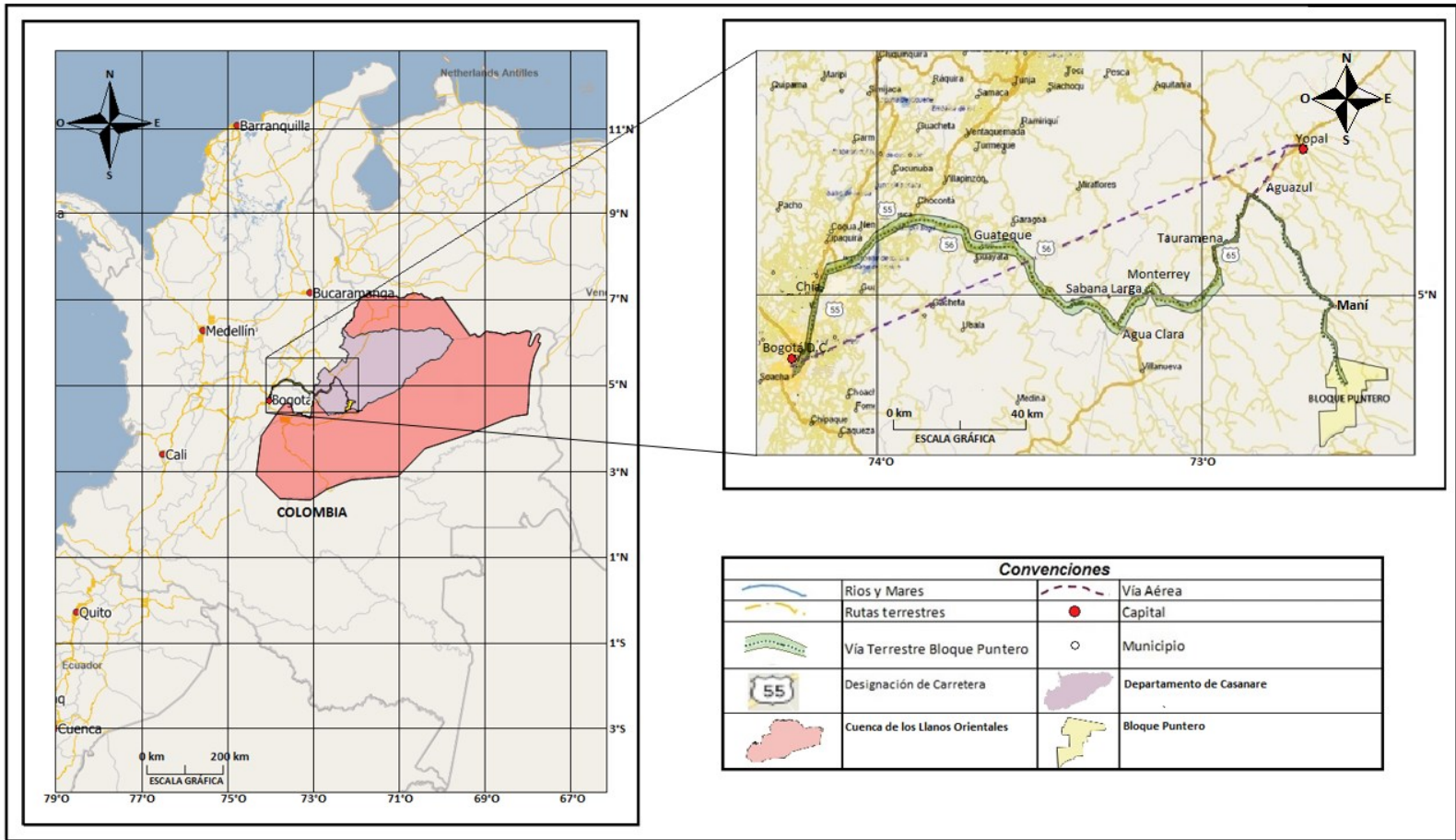
- Por el sur de la Ciudad de Bogotá en la ruta I-40, dirigiéndose a la Ciudad de Villavicencio en el Departamento del Meta. (90 kilómetros de recorrido).
- Por el oriente de la Ciudad de Villavicencio, tomar la ruta I-65 hasta el Municipio de Paratebueno, Departamento de Cundinamarca. (66 kilómetros de recorrido).
- Continuar por la ruta I-65 al oriente hasta el Municipio de Barranca de Upía, Departamento del Meta. (40 kilómetros de recorrido).
- Seguir por la ruta I-65 al nororiente hasta el Municipio de Villanueva, en el Departamento del Casanare. (8,2 kilómetros de recorrido).
- Desde Villanueva, continuar al norte por la ruta I-65 hasta llegar al asentamiento de Agua Clara en el Municipio de Sabana Larga, Departamento del Casanare. (21,1 kilómetros de recorrido).

**Ruta aérea de acceso.** Es posible acceder al Bloque por medio de la siguiente ruta:

- Dirigirse al occidente de la Ciudad de Bogotá hacia el terminal dos del aeropuerto internacional el dorado y tomar un vuelo que se dirija a el aeropuerto el alcaraván al sur oriente de la Ciudad de Yopal, capital del Departamento del Casanare.
- A partir de este punto, tomar la vía I-65 por el suroccidente hasta el Municipio de Aguazul.(27,8 kilómetros de recorrido)

- Tomar la vía que conduce del Municipio Aguazul hacia Municipio de Maní. (55.8 kilómetros de recorrido).
- Al sur del Municipio de Maní, en el kilómetro 26 se gira hacia el sur oriente para acceder al Bloque Puntero. (ver **Figura 1.**)

**Figura 1.** Mapa de localización del Bloque Puntero, Cuenca Llanos Orientales, Colombia.



**Fuente:** SATRACK. [En Línea]. Mapa Mapsuite. Disponible en Internet en: <http://webcloud.satrack.com/PanelControlPrincipal/panelcppal.aspx>. Consultado en: Mayo 2017. Modificado por los autores

### 1.3 MARCO GEOLÓGICO

El Bloque Puntero se encuentra localizado geológicamente en la Cuenca de los Llanos Orientales. Mediante la perforación de pozos en la zona norte del Bloque Puntero se han reconocido un número apreciable de formaciones con diferentes características litológicas, siendo la más profunda en ser perforada la Formación Guadalupe. Se describe la estratigrafía, geología estructural y geología del petróleo, de las unidades geológicas presentes en este bloque.

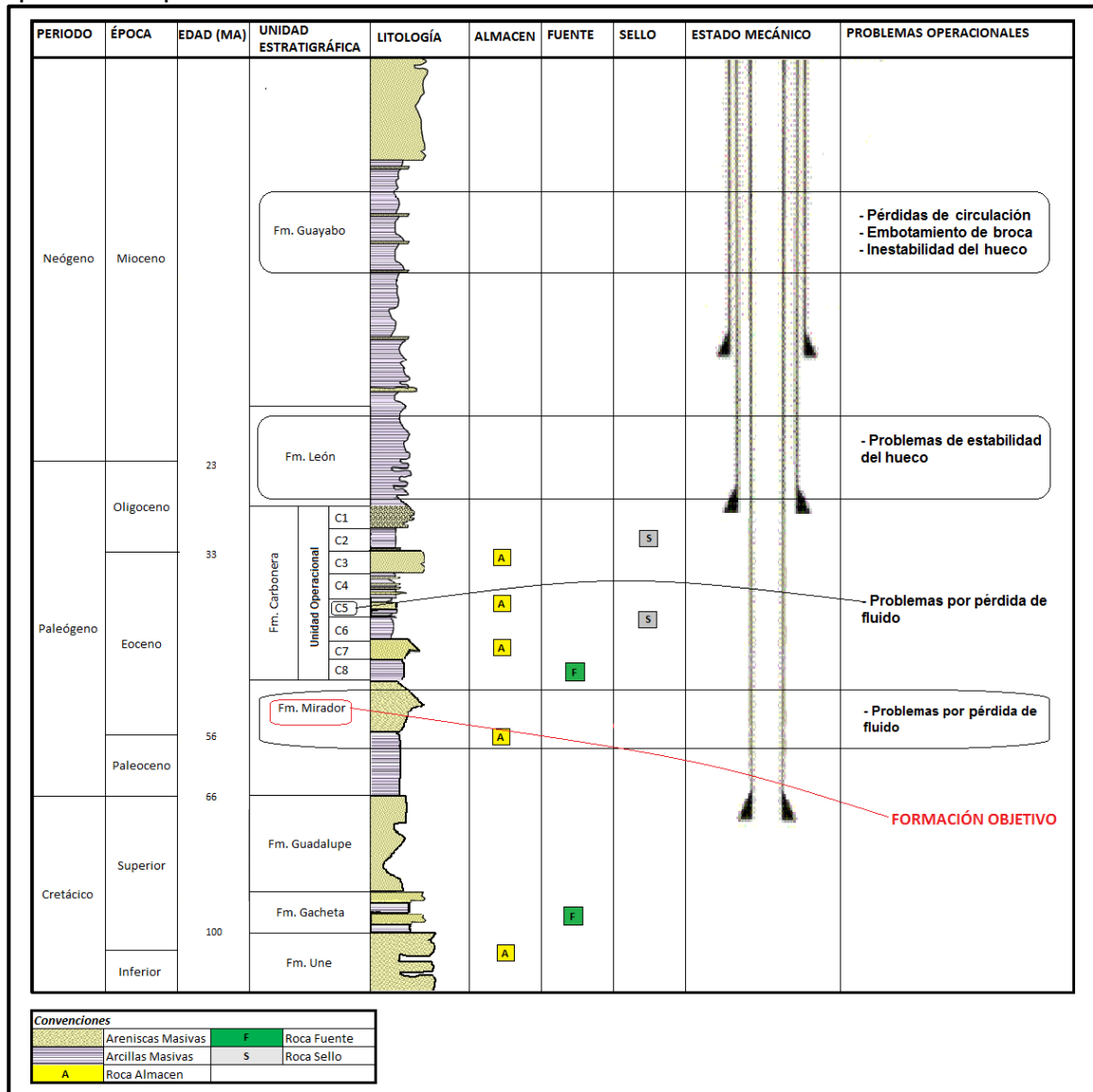
**1.3.1 Columna estratigráfica.** A continuación se presenta la columna estratigráfica generalizada de la Cuenca de los Llanos Orientales, en donde se describe las unidades desde la más antigua, hasta la más reciente. Ver **Figura 2**.

**1.3.2 Estratigrafía.** En el libro de Cuencas Sedimentarias de Colombia (*Colombian Sedimentary Basins*) de Barrero<sup>1</sup>, la Cuenca de los Llanos Orientales, desde el Mioceno ha acumulado una capa de sedimentos clásticos de origen marino y terrestre. En muchos reservorios se presentan rocas siliciclásticas de los periodos triásico y cretácico tardío. Las rocas madre de origen cretácico son inmaduras y marginales. Los sistemas Paleozóico y Cretáceo son principalmente marinos, mientras que la secuencia terciaria fue depositada en ambientes marinos y continentales. La sucesión sedimentaria se encuentra completamente cubierta por depósitos fluviales y recientes.

---

<sup>1</sup> BARRERO, Darío, et al. *Colombian Sedimentary Basins*. Bogotá D.C.: ANH and B&M Exploration Ltda, 2007. p. 69. ISBN: 978-958-98237-0-5.

**Figura 2.** Columna Estratigráfica Generalizada de los Llanos Orientales con pozo tipo del Bloque Puntero



**Fuente:** BARRERO, Darío, et al. Colombian Sedimentary Basins. Bogotá D.C.: ANH and B&M Exploration Ltda, 2007. 69 p. ISBN: 978-958-98237-0-5. Modificada por los autores. COHEN, K.M, et. Al. The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

**1.3.2.1 Formación Une.** La arenisca de une (en el sentido original), para Julivert<sup>2</sup>, en el léxico estratigráfico, se ubica en el albiano (cretáceo inferior) y en la parte alta el cenomaniano (cretáceo superior). Está constituida casi exclusivamente por areniscas cuyo espesor se estima de 1200 a 1500 pies. Los bancos de arenisca van separados por bancos más o menos delgados de esquisto endurecido, proveniente de un depósito marino. Suprayace de la Formación Fomeque e infrayace de la Formación Chipaque. El contacto con esta última es concordante neto; el contacto con la Formación Fômeque es discordante.

**1.3.2.2 Formación Gachetá.** La edad de esta formación según Aguilar<sup>3</sup>, data del Cenomaniano (Cretáceo superior) a Coniaciano (Cretáceo superior), está constituida principalmente por lodolitas de color negro y gris oscuro con alto contenido de materia orgánica, ocasionalmente con intercalaciones de lentes de arenas cuarzosas de grano fino a medio. Tiene un espesor promedio de 60 pies. El ambiente de depositación es de carácter marino y se le considera como la principal roca generadora de aceite para la Cuenca de los Llanos. Tiene un contacto concordante con la Formación Guadalupe, que la suprayace.

**1.3.2.3 Formación Guadalupe.** Según Julivert<sup>4</sup>, la Formación Guadalupe se extiende de la parte superior del Coniaciano (Cretáceo superior) hasta el Maastrichtiano (Cretáceo superior). Esta formación está constituida por areniscas cuarzosas de color translucido a blanco lechoso, de grano fino a medio, localmente conglomeráticas, en la parte superior se encuentran arenas fosfáticas, también está compuesta por una capa de lutitas de color gris a gris oscuro, moderadamente duras a friables. El espesor promedio de la formación es de 1250 pies. Las areniscas fueron depositadas en un ambiente fluvial deltáico, seguido por un ambiente deposicional de llanura costera. Infrayace a la Formación Mirador, con un contacto discordante.

**1.3.2.4 Formación Mirador.** La Formación Mirador se ubica en el libro de estratigrafía de América Latina escrito por De Porta<sup>5</sup>, en el Eoceno inferior (Paleógeno) y Eoceno Medio (Paleógeno). Esta formación cuenta con un predominio de areniscas de grano fino a grueso, en parte conglomeráticas, de color pardo claro a blanco. Contiene algunas capas de shale micácea de color gris

---

<sup>2</sup> JULIVERT, Manuel. AMÉRIQUE LATINE. Paris: CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1968. vol. 5.460p.

<sup>3</sup> AGUILAR, Sebastián. Estratigrafía secuencial de las unidades aflorantes en las quebradas La Piñera (Sabanalarga) y La Pescana (Monterrey) Casanare, Colombia. Universidad Industrial de Santander., 2012. 37(1).

<sup>4</sup> JULIVERT. Op.cit., p. 266-274.

<sup>5</sup> DE PORTA, J. AMÉRIQUE LATINE. Paris: CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1973. Vol. 5. 367p.



y gris parduzco. El espesor de esta formación varía de 450 a 1200 pies. La Formación Mirador infrayace a la Formación Carbonera con contacto inconforme, que es difícil de diferenciar y separar una formación de la otra.

**1.3.2.5 Formación Carbonera.** La Formación Carbonera proviene de un rango entre los periodos Eoceno superior (Paleógeno) y el Oligoceno (Paleógeno) medio, como lo establece De Porta<sup>6</sup> en el léxico estratigráfico. Esta formación está conformada por arcillas grises a gris verdoso y pardas con areniscas y con algunos lechos de lignito en su parte inferior y superior. Las areniscas se presentan en capas cuyo valor varía desde menos de 3 hasta 90 pies, con un tamaño de grano variable. El espesor de la formación se encuentra dentro de un rango entre 1500 a 2000 pies.

Esta formación se ha dividido en ocho unidades operacionales (de la C1 a la C8) que forman cuatro pares. Cada par consiste en un miembro superior formado por intercalaciones de areniscas de origen fluvial y arcillas, y un miembro inferior constituido por arcillolitas que fueron depositadas en un ambiente de planicies costeras.

Infrayace a la Formación León. Debido a los cambios de espesor su límite inferior presenta un contacto inconforme, mientras que el límite superior se estima que es concordante.

**1.3.2.6 Formación León.** De Porta<sup>7</sup> ubica esta formación entre el Oligoceno superior (Paleógeno) y el Mioceno inferior (Neógeno). Está formada mayormente por shales de color gris y gris verdoso, con raras capas delgadas de areniscas con láminas carbonáceas. Esta formación posee un espesor diverso, en el flanco oriental del anticlinal de La Petrolera varía de 1550 a 2400 pies. En el área de Tíbu - Socuavó el espesor se ha calculado en 1050 a 1450 pies. Se depositó en un ambiente marino somero. Sus límites están bien definidos. En la parte superior infrayace de la Formación Guayabo con un contacto discordante.

**1.3.2.7 Formación Guayabo.** Para De Porta<sup>8</sup>, esta formación se establece en el Mioceno (Neógeno). La formación está compuesta por una sucesión de arcillas arenosas y grises con areniscas y arcillas moteadas. Cuenta con espesor de 2450 pies, determinado en la Concesión Barco. El depósito de esta formación fue el resultado de la rápida erosión y deposición de sedimentos provenientes del rápido levantamiento de la Cordillera Oriental en el Mioceno Superior. Se determina que

---

<sup>6</sup> Ibíd., p. 114.

<sup>7</sup> Ibíd., p. 335.

<sup>8</sup> Ibíd., p 259-261.

la formación se originó en un ambiente sedimentario continental. Cordillera Oriental en el Mioceno Superior. Se determina que la formación se originó en un ambiente sedimentario continental.

**1.3.3 Geología Estructural.** Los campos y estructuras, según describe Barrero<sup>9</sup> en el libro de Cuencas Sedimentarias de Colombia, reconocidas corresponden a monoclinales cerrados por fallas antitéticas que interrumpen la pendiente regional de la Cuenca de los Llanos, desde el cabalgamiento de la Cordillera Oriental hasta el Escudo Guayanés.

El estilo estructural principal dentro del área E&P Puntero, para la unidad geológica de CEPESA<sup>10</sup>, corresponde a monoclinales cerrados por fallas normales antitéticas (*up to the basin normal faults*), relacionadas a los trenes productivos del Campo Estero localizados al norte del Pozo Fenix-2.

**1.3.4 Geología del Petróleo.** La descripción de los parámetros involucrados en el sistema petrolero del Bloque Puntero, que han permitido la acumulación de hidrocarburos, se presentan a continuación.

**1.3.4.1 Roca Generadora.** Para Barrero<sup>11</sup>, en el libro de Cuencas Sedimentarias de Colombia, la principal roca generadora para la Cuenca de los Llanos Orientales, se encuentra en la Formación Gachetá, y está compuesta por sedimentos de origen marino y continental. Las características petroquímicas de estas unidades, son un porcentaje de Carbono Total Orgánico (Total Organic Carbon, TOC siglas en inglés) que varía en un rango de 1 a 3%, y un kerogeno tipo I y tipo II.

**1.3.4.2 Roca Reservorio.** Según Barrero<sup>12</sup>, las areniscas de la Formación Carbonera provenientes del Paleógeno (C-3, C-5, y, C7) y las de la Formación Mirador son las rocas reservorio por excelencia en la Cuenca de los Llanos Orientales, estas rocas cuentan con una porosidad entre 10 a 30%. Tanto el espesor como la porosidad son parámetros que varían a lo largo de la cuenca, el espesor se incrementa en sentido de oriente a occidente, mientras que la porosidad decrece en el mismo sentido. Para la unidad geológica de CEPESA<sup>13</sup>, la Formación Mirador y la Formación Une son el principal objetivo en el Bloque Puntero, cuenta con espesor promedio de 75 pies y una porosidad entre 22 y 27%.

---

<sup>9</sup> BARRERO. Op. cit., p. 71.

<sup>10</sup> UNIDAD DE GEOLÓGICA CEPESA. Marco Geológico y Petrolero. CEPESA COLOMBIA., 2015. p. 2.

<sup>11</sup> BARRERO. Op. cit., p. 71.

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p 71.

<sup>13</sup> UNIDAD GEOLÓGICA CEPESA. Op. cit., p. 3.

**1.3.4.3 Migración.** Para la Cuenca de los Llanos Orientales: “Se han propuestos dos pulsos de migración, el primero fue documentado en el Eoceno Superior – Oligoceno y el segundo pulso comenzó en el Mioceno y continua hasta ahora.”<sup>14</sup>

**1.3.4.4 Roca Sello.** Barrero<sup>15</sup> establece que la unidad C-8 de la Formación Carbonera ha sido tradicionalmente considerada como el sello regional de la Cuenca de los Llanos Orientales, pero por su extensión, el mejor sello es la unidad C-2, de la misma Formación. El sello de las areniscas de la Formación Mirador, en el Bloque Puntero, lo constituye la lodolitas basales del miembro C8 de la Formación Carbonera, tanto para la cuenca como para el bloque.

**1.3.4.5 Trampa.** Según la unidad de geología de CEPSA<sup>16</sup>, las estructuras prospectivas que predominan en la cuenca corresponden a estrechos anticlinales y/o monoclinales localizados en el bloque levantado antitéticas con planos de falla que están buzando hacia el sur-oriente.

La estructura de la Formación Mirador presenta cierre contra segmentos de fallas antitéticas, que se encuentran en relevo hacia el norte, y finalizan hacia el sur en una falla secundaria perpendicular a las fallas principales. Los cambios del ángulo en el plano de falla en sedimentos terciarios y sedimentos más profundos están controlados por la reología de la zona. No se presenta corte estratigráfico por la confidencialidad de la información.

## 1.4 HISTORIA DE PRODUCCIÓN

La Compañía CEPSA COLOMBIA S.A., ha encontrado acumulación importante y rentable de hidrocarburos, primero en el Campo Satum y luego en el Campo Fénix.

La coordinación de producción de CEPSA<sup>17</sup>, mediante un informe técnico del Campo Fénix, describe que actualmente el campo cuenta con dos pozos productores Fénix-1 y Fénix-2, igualmente cuenta con el tratamiento, separación, fiscalización, almacenamiento y despacho de crudo por carro tanques, tratamiento y disposición de agua según licencia ambiental, donde se establece evaporación mecánica en sitio

---

<sup>14</sup> BARRERO. Op. cit., 71.

<sup>15</sup> *Ibíd.*, p. 71.

<sup>16</sup> UNIDAD GEOLÓGICA CEPSA. Op. cit., p.3.

<sup>17</sup> COORDINACIÓN DE PRODUCCIÓN CEPSA. Informe Campo Fénix 2016. CEPSA COLOMBIA 2016. p 2.

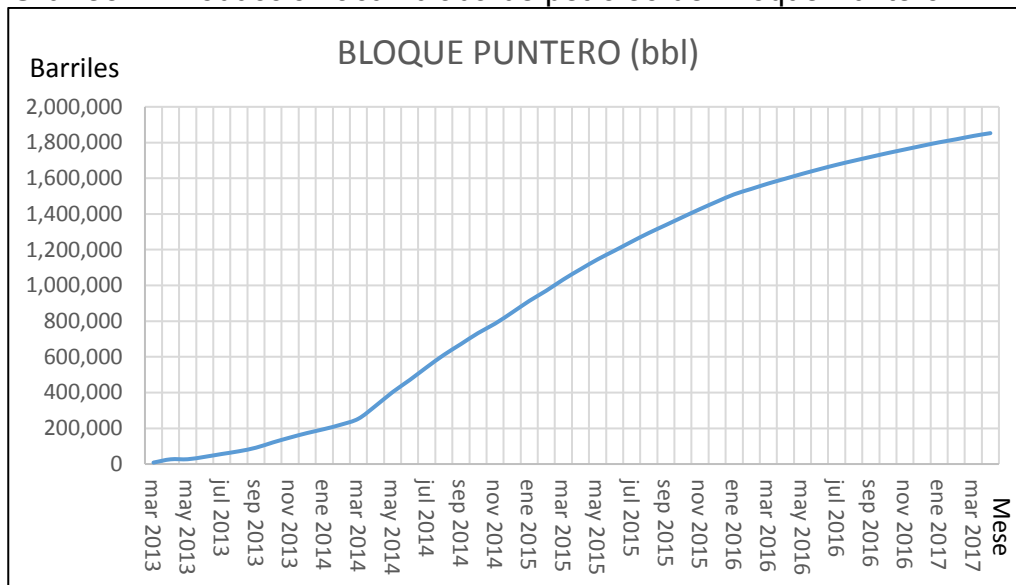
Debido a la gravedad API observada en las pruebas de producción y confirmada en el periodo de producción comercial de la Formación Mirador, solo se requiere realizar un tratamiento químico y separación por gravedad básica a nivel de equipos de superficie.

La producción proveniente de los pozos Fénix-1 y Fénix-2 es enviada al equipo de proceso “Gun Barrel” donde los fluidos se separan en dos fases, crudo y agua. El crudo es enviado a tanques horizontales con serpentín; el agua proveniente de “Gun Barrel” y de los tanques de almacenamiento será tratada, almacenada y dispuesta finalmente mediante evaporación mecánica.

Los hidrocarburos producidos durante la operación de producción del Campo Fénix serán enviados por carro tanque a las estaciones de bombeo operadas por ECOPETROL de Cusiana, o Santiago, (ubicados en los Municipios de Tauramena y Maní, respectivamente)

A continuación se muestra la producción acumulada de petróleo del bloque, que comienza desde el año 2013 en el mes de marzo con la puesta a producción del Pozo Satum - 1 (ver **Gráfico 1.**), para marzo de 2014 con una producción acumulada de 200,000 barriles, aumenta la producción del bloque debido a la producción simultánea de los pozos Fénix -1 y Fénix -2. Para noviembre de 2015, fecha en la cual cesan las actividades en el Campo Satum, con una producción acumulada de 1'400,000 barriles, decrece la producción acumulada del bloque. Para marzo del año 2017, el sostenimiento de la producción del bloque está determinada por los pozos del Campo Fénix con una producción mayor a 1'800,000 barriles de petróleo.

**Gráfico 1. Producción acumulada de petróleo del Bloque Puntero**



**Fuente:** CEPESA COLOMBIA S.A.S. Informe Campo Fénix 2016, Bogotá D.C. Colombia: Cepsa Colombia S.A.S., 2015.4 p.

## **2. METODOLOGÍAS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

La dirección de proyectos, es la utilización de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Los países y organizaciones de diferente tipo y naturaleza, privada o pública, nacional o internacional, gubernamental o no gubernamental, alrededor del mundo han encontrado en la dirección de proyectos una guía eficaz y eficiente para la planeación y ejecución de proyectos de diferente índole. Desde mediados del siglo XX, se han venido desarrollado diferentes ideas para la dirección de proyectos, algunas de ellas se hicieron lo suficientemente fuertes para materializarse en grandes asociaciones internacionales sin ánimo de lucro, otras ideas se conceptualizaron y fueron adoptadas por distintas organizaciones alrededor del mundo, como resultado, países como Reino Unido, Canadá y Noruega, estandarizaron y adoptaron su propia norma para la Dirección de Proyectos.

En el desarrollo del presente capítulo se describe las principales metodologías y organizaciones de dirección de proyectos, se comparan con la metodología del Instituto de Dirección de Proyectos PMI (Project Management Institute), luego se definen conceptos claves sobre proyecto, programa, portafolio, contexto de la organización, factores ambientales y activos de los procesos, se explican las fases y los tipos de fase dentro de un proyecto, también se describen los grupos de procesos para PMI, haciendo énfasis en el grupo de procesos de planeación y se explican que son las áreas de conocimiento. Por último este capítulo se realiza la importancia de la dirección de proyectos en la industria petrolera, donde se muestra casos actuales de implementación por parte de compañías que operan en Colombia.

### **2.1 TIPOS DE METODOLOGÍAS Y ORGANIZACIONES QUE PROMUEVEN LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

A continuación se realiza una breve descripción de las metodologías más importantes en la dirección de proyectos. Actualmente existen muchos modelos en esta área, debido que las compañías desarrollan los mismos adaptados a sus necesidades y su enfoque de trabajo, igualmente existen países que establecieron sus propios sistemas y directrices. Los modelos que se expondrán a continuación son algunos de los más importantes alrededor del mundo, por consiguiente son acogidos y aceptados en muchos países.

**2.1.1 Enfoque de Marco Lógico, LFA (Logical Framework Approach).** “El Enfoque de Marco Lógico, LFA, fue desarrollado en los años sesenta por la agencia

de los Estados Unidos para el desarrollo internacional”<sup>18</sup>, ha sido utilizado por numerosas organizaciones sin ánimo de lucro, también ha sido adoptado por los departamentos de asuntos internacionales de varios países, como en Noruega por medio de la Agencia Noruega para el Desarrollo para la Cooperación, NORAD (Norwegian Agency for Development Cooperation), igualmente se encuentran ejemplos de su aplicación en países como Canadá y Alemania por medio de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica. El Banco Mundial ha utilizado esta metodología desde 1997 y desde entonces se basa en este modelo para el desarrollo de diferentes proyectos.

El LFA, es una metodología puramente de ámbito social, debido a esto es siempre acogida por organismos de inversión social, como el Banco Mundial, departamentos de desarrollo de diferentes países, o es utilizado por medio de políticas internas de inversión, como ocurre en Canadá. “El LFA es una herramienta con la capacidad de comunicar los elementos esenciales de proyectos complejos con claridad, se desarrolla como un modelo causa-efecto”<sup>19</sup>, utilizando técnicas metodológicas como el árbol de problema.

El objetivo de esta metodología es el desarrollo de matriz de marco lógico, donde el proyecto se fundamenta en el Objetivo, las suposiciones, las salidas y las actividades de los componentes, estas se desarrollan en el ciclo de vida del proyecto compuesto por una síntesis, indicadores de desempeño, monitoreo & control, suposiciones & riesgos. Los fundamentos de la dirección y el ciclo de vida se relacionan para determinar las actividades necesarias para el desarrollo del Proyecto. El Banco Mundial establece una matriz de 16 actividades como muestra **Figura 3**. Las columnas de la matriz determinan fases del proyecto, para el Banco Mundial<sup>20</sup>, las actividades o pasos para el desarrollo del marco lógico son los siguientes:

**2.1.1.1 Actividad 1, Alineación con la estrategia y el programa.** Es un factor crítico, ya que determina como el proyecto contribuye a la estrategia y objetivos organizacionales. La alineación se puede estructurar bajo las siguientes premisas:

- Consistencia con la política estratégica de desarrollo.
- Consistencia con la misión de la organización.
- Suficiente justificación del proyecto.

---

<sup>18</sup> NORWEIGIAN AGENCY FOR DEVELOPMENT COOPERATION. The Logical Framework Approach. 4 ed. Oslo.: NORAD, 1999. p.3.

<sup>19</sup> THE WORLD BANK. The Logframe Handbook. Washington D.C.: Team Technologies, Inc, 2005. p.1.

<sup>20</sup> Ibíd., p.14-55.

**2.1.1.2 Actividad 2, Desarrollo del objetivo.** Expresa el resultado esperado con el desarrollo del proyecto y como el entorno cambia con los entregables del mismo. El desarrollo del objetivo describe el uso de los entregables por parte de comunidades o beneficiarios, por ejemplo:

- Nuevos métodos de producción utilizados.
- Nuevos sistemas implementados.
- Calidad de servicio entregada.

También describe el cambio de desempeño de un sistema o una organización.

**2.1.1.3 Actividad 3, Salidas o Entregables.** Describe la estrategia de intervención del proyecto. Las salidas o entregables son productos o servicios. El grupo de implementación es responsable por la entrega y por las entradas del proyecto que son suministradas. Las salidas o entregables son también descritos por el valor añadido de los componentes.

Las características claves, para la estrategia de los entregables incluyen:

- Estructura clara de tiempo.
- Comprensible.
- Sistemas integrados.
- Diseños centrados en el cliente.

**2.1.1.4 Actividad 4, Actividades de Componentes.** Son grupos de actividades críticas requeridas para producir cada uno de los entregables del proyecto. Para cada entregable se enuncian de cinco a diez actividades. Con la utilización de estos componentes se elabora la estructura detallada del proyecto, EDP, donde se puede definir las actividades para elaborar un diagrama de Gantt.

**2.1.1.5 Actividades 5 - 8, Indicadores de Desempeño.** Definen los estándares de calidad del proyecto. La medición del desempeño es el proceso para la identificación de las características que definen cualitativamente y cuantitativamente los parámetros de tiempo y costo del proyecto. Permiten la medición del cumplimiento de los entregables y evaluar el impacto del desarrollo del objetivo. Las actividades de la cinco a la ocho son los indicadores a distinto nivel, para la estrategia de la organización (CAS Goal), el desarrollo del objetivo (D.O), para los entregables y para las entradas.



**2.1.1.6 Actividades 9 - 12, Monitoreo y Evaluación.** Los proyectos de inversión social se desarrollan bajo cierto nivel de incertidumbre y presentan un carácter iterativo en su desarrollo, donde a medida que se va desarrollando se plantean entregables parciales, con estos se desea aprender la forma para conseguir el impacto deseado. Los métodos de evaluación se centran en las siguientes cuatro preguntas.

- ¿Está funcionando?
- ¿Puede ser mejorado?
- ¿Existe una mejor manera para lograrlo?
- ¿Vale la pena?

**2.1.1.7 Actividades 13 – 16, Suposiciones y Riesgos.** Son condiciones y factores donde el proyecto puede o no, ser controlado. También es denominado lógica externa del proyecto, debido a que estas condiciones se encuentran por fuera de la responsabilidad de la dirección del proyecto.

**Figura 3. Matriz de Marco Lógico**

Cause & Effect	Performance Indicators	Monitoring & Evaluation	Assumptions
CAS Goal 1	5	9	Goal to Super Goal 13
D.O. 2	6	10	D.O. to Goal 14
Outputs 3	7	11	Output to Purpose 15
Component Activities 4	Inputs 8	12	Activity to Output 16

**Fuente:** TEAM TECHNOLOGIES. The LogFrame Handbook. Middleburg, Virginia EE.UU.: The World Bank, 2005.p.15.

**2.1.2 Asociación Internacional de Dirección de Proyectos, IPMA (International Project Management Association).** “IPMA es la primera asociación de dirección de proyectos, constituida por 60 asociaciones nacionales ubicadas alrededor del mundo. Estas asociaciones desarrollan competencias en la dirección de proyectos en diferentes países”<sup>21</sup>. Los estándares establecidos por IPMA, son más aceptados en Europa, debido a que su origen se dio allí. IPMA<sup>22</sup> describe en su página de web, en la sección de historia, que fue fundada en 1965, por investigadores de distintos países como Holanda, Alemania, Francia, Italia y Checoslovaquia, se conformó en un congreso desarrollado en Viena, la Red Internacional, INTERNET (INTERNational NETwork), luego en 1996 toma el nombre con que se conoce actualmente IPMA. Dos años más tarde publicaría su guía de fundamentos IPMA Bases de Competencia, ICB (IMPA Competence Baseline), no está orientada hacia el fundamento de la dirección de proyectos sino a la formación profesional, estableciendo características, destrezas, actitudes y aptitudes para profesionales en la dirección de proyectos.

La sección de IPMA de cada país, establece sus propios fundamentos para la dirección de proyectos. IPMA no es un concepto global ni estandarizado. Su capítulo más grande e importante en toda Europa se encuentra en Reino Unido, la Asociación para la Dirección de Proyectos, APM (Association for Project Management).

**2.1.2.1 Asociación para la Dirección de Proyectos, APM (Association for Project Management).** “APM fue fundada en 1972 y desde entonces ha sido un pilar para el desarrollo de la dirección de proyectos, programas y portafolios”<sup>23</sup>. Todo el conocimiento establecido por APM se encuentra en la Guía de Fundamento APMBOK (APM Body of Knowledge).

El APMBOK es una guía metodológica para la Dirección de Proyectos, donde se establece el ciclo de vida de los proyectos teniendo en cuenta el contexto del proyecto, estableciendo la gestión del valor, un plan de dirección del proyecto, gestión de riesgos, gestión de calidad y gestión integrada a la salud, seguridad y el ambiente<sup>24</sup>. La representación esquemática del ciclo de vida se puede ver en la **Figura 4**. El APMBOK, utiliza conceptos establecidos por su organismo superior que es el IPMA, pero también toma guías de procesos y definiciones establecidas

---

<sup>21</sup> INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION. 50th Anniversary IPMA book. Zurich.: IPMA, 2015. p. 8.

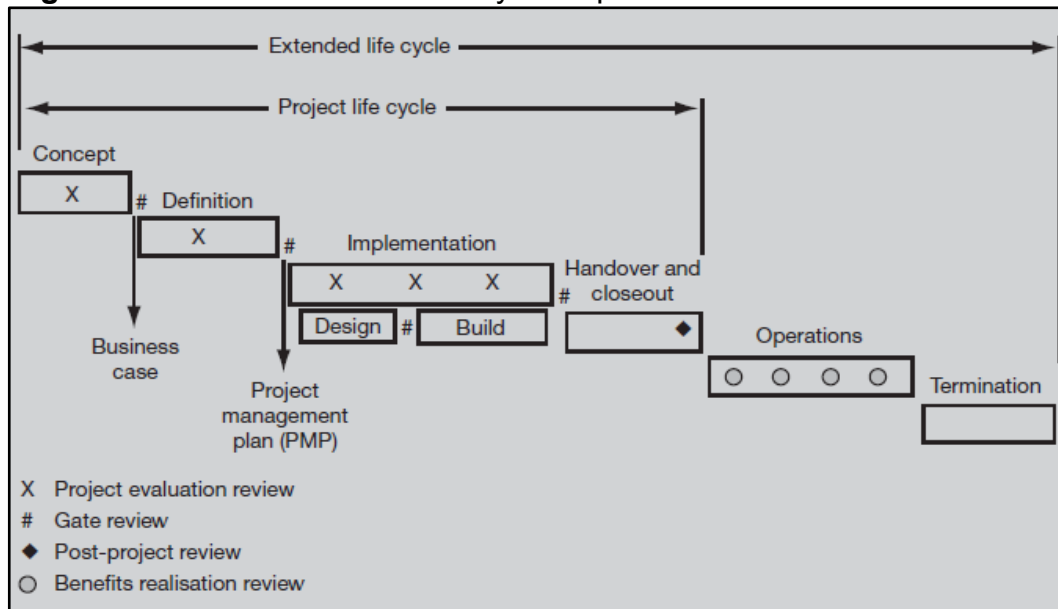
<sup>22</sup> IPMA HISTORY [online]. Amsterdam: International Project Management Association [cited 14 April, 2017]. Available from Internet: < <http://www.ipma.world/about/ipma-history/>>.

<sup>23</sup> INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 50th Anniversary IPMA book Op. cit., p. 98.

<sup>24</sup> ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT. APM Body of Knowledge. 5 ed. High Wycombe.:APM Publications , 2006. p. 1.

por el Instituto Británico de Estándares, BSI (British Standards Institution), de hecho la gestión de valor está definida como lo establece la norma BS EN 12973:2000.

**Figura 4.** Ciclo de Vida de los Proyectos para APM



**Fuente:** ASSOCIATION PROJECT MANAGEMENT. APM Body of Knowledge.5ed. High Wycombe, UK.: Association for Project Management, 2006. P80.

**2.1.3 Análisis Independiente de Proyectos, IPA (Independent Project Analysis).** “Es una organización encargada de proveer servicios de análisis de riesgos y comparación de mercado para proyectos de capital”<sup>25</sup>, esta trabaja de forma específica en sectores como la minería, industria farmacéutica y biotécnica, industria de alimentos y productos comestibles y de igual forma para las áreas que componen la cadena de valor de la industria de los hidrocarburos como: exploración & producción, procesamiento y transporte de hidrocarburos.

“El servicio prestado por IPA, se fundamenta en que las salidas de los proyectos de capital están en función de la seguridad, los costos, el calendario, la funcionalidad y la evaluación de parámetros críticos del proyecto como el desempeño del equipo, FEL (Frontal-End Loading) y controles del proyecto”<sup>26</sup>. IPA realiza una comparación de más de 17.000 proyectos de capital representativos de todas las industrias;

<sup>25</sup> CAPITAL PROJECT RISK ANALYSIS & BENCHMARKING [online]. Ashburn, Virginia, EE.UU.: Independent Project Analysis [cited 14 April, 2017]. Available from Internet: <<http://www.ipaglobal.com/services/risk-analysis-and-benchmarking>>

<sup>26</sup> Ibid., p.2.

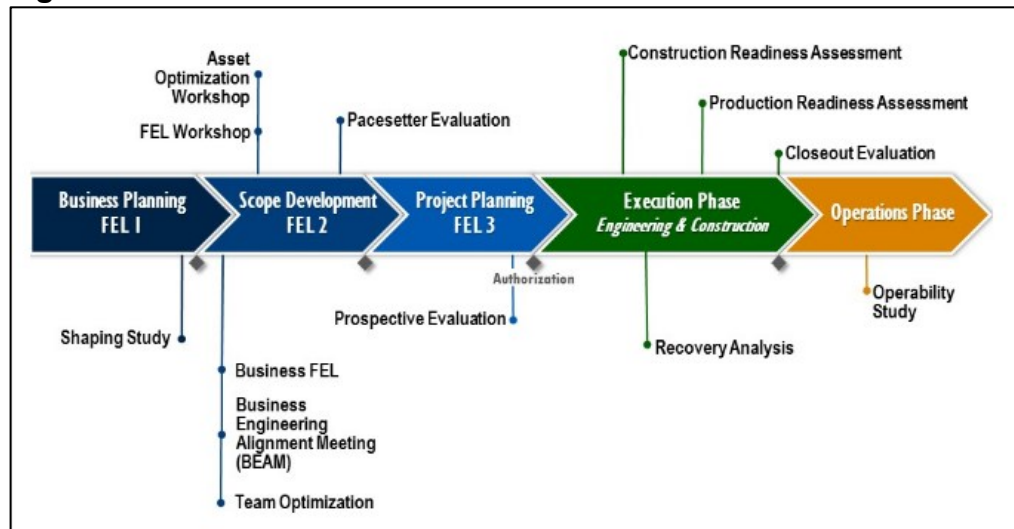
presta un servicio de asesoría, donde revisa y replantea proyectos con base a la comparación de mercado.

Los componentes necesarios para utilizar los principios de IPA son:

- Información general (localización, tipo y tamaño del proyecto)
- Tecnología (nivel de innovación técnica)
- Dirección de proyectos (estrategia de contratación, integración del equipo)
- Costos (costos estimados y actuales de la fases, contingencias)
- Calendario (planeado y actual por fase, cambios)
- Desempeño operacional (planeado y actual)
- Definición del proyecto
- Prácticas de mejora de capital, VIPs ( Value Improving Practices)

Los servicio de IPA como la comparación del mercado, el análisis de riesgo y el sistema de evaluación de proyectos (PES), se desarrollan en el ciclo de vida que se puede ver en la **Figura 5**.

**Figura 5.** Ciclo de Vida IPA



**Fuente:** CAPITAL PROJECT RISK ANALYSIS & BENCHMARKING [online]. Ashburn, Virginia, EE.UU.: Independent Project Analysis [cited 14 April, 2017]. Available from Internet: <<http://www.ipaglobal.com/services/risk-analysis-and-benchmarking>>

**2.1.4 Instituto de Dirección de Proyectos, PMI.** “El Instituto de Dirección de Proyectos, PMI (Project Management Institute), es una asociación sin ánimo de lucro, que actúa de manera global, cuyo objetivo es mejorar la carrera de

profesionales en la dirección de proyectos. Fundada en 1969, ha creado valor a cerca de 2.9 millones de profesionales, mediante el avance continuo a nivel organizacional con el propósito de alcanzar la madurez profesional<sup>27</sup>. El carácter global del PMI, se fundamenta en que sus directrices, reglas y procedimientos de los proyectos, programas y portafolios son reconocidos alrededor del mundo, brindando siete certificaciones que reconocen los conocimientos, competencias y experiencias de los profesionales implicados en la planeación, ejecución y control de proyectos en todo el mundo. Para el PMI<sup>28</sup> en el PMBOK, una buena gestión en dirección de proyectos se logra con la aplicación e integración de 47 procesos, agrupados de manera secuencial dentro de cinco grupos de procesos:

- Inicio: hace referencia a todos los procesos necesarios para dar comienzo a un nuevo proyecto. Se determina el alcance y presupuesto inicial del proyecto. Este grupo de procesos orienta la visión y los objetivos del proyecto a la metodología que se debe seguir para lograr los resultados deseados.
- Planificación: este grupo de procesos comprende la estimación del alcance total del proyecto, definición y ajuste de los objetivos y el establecimiento de la línea de trabajo a seguir para la consecución de éstos. Los procesos de planificación se evalúan y modifican a lo largo de proyecto, estos tipos de procesos tienen que ser continuos e iterativos y necesitan de una elaboración progresiva.
- Ejecución: Son las actividades realizadas para cumplir con el plan establecido. Estos procesos conllevan a la gestión y coordinación de recursos humanos y financieros; es un punto de revisión de la planeación, conforme a progreso de las actividades y los resultados obtenidos.
- Monitoreo y Control: Son procesos de evaluación y análisis del progreso y el desempeño del proyecto, para identificar las áreas que requieran mayor atención y necesiten la ejecución de acciones correctivas o preventivas para retomar la línea de trabajo del proyecto.
- Cierre: Establece la finalización de los procesos en todos los grupos del proyecto, lo anterior implica asegurarse que se cumplieron las actividades definidas, para cerrar formalmente el proyecto o la fase.

**2.1.5 Determinación de la metodología a seguir.** Realizando una comparación entre las metodologías previamente citadas el LFA e IPA, son metodologías específicas y enfocadas a diferentes tipos de proyectos. LFA es una metodología enfocada al beneficio social, por ello es utilizado por organizaciones que buscan el bien público, son proyectos sin ánimo de lucro.

---

<sup>27</sup> MONTOYA, Blas. Curso Básico de Gerencia de Proyectos. Bogotá D.C.: CEPESA UNIDAD OPERACIONAL, 2015. p.2.

<sup>28</sup>PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. p.49.

Por otro lado se encuentra el IPA, que se enfoca en proyectos de capital, en otras palabras son proyectos enfocados hacia el aumento de ingresos y optimización de costos y gastos.

PMI es una metodología aplicable a proyectos de capital y a proyectos de beneficio social. Con las reglamentaciones establecidas en países como Colombia para la industria del petróleo, las organizaciones están obligadas a cumplir con proyectos de responsabilidad social para las comunidades que se vean afectadas con el desarrollo de cualquier actividad petrolera.

IPMA y PMI, se podrían considerar como equivalentes ya que son organismos internacionales enfocados a la capacitación de profesionales en la dirección de proyectos. La dirección de proyectos de IPMA no es una sola, como se describió anteriormente, IPMA posee capítulos en cada país, donde en cada uno se determina las actividades y procesos para la dirección de proyectos. Por ejemplo en Reino Unido existe APM que es una sección de IPMA, APM define sus conceptos y procesos en el APMBOK con ayuda del BSI (British Standards Institute), es un libro de conocimiento de la dirección de proyectos escrito con base a estándares británicos, mientras que en Alemania existe la sección GPM de IPMA que se fundamenta mediante gestión avanzada de proyectos con sus diferentes tomos, es un libro de conocimiento de la dirección de proyectos realizado en una interpretación alemana; el fundamento del PMI se materializa en el PMBOK, que es solo uno alrededor del mundo.

PMI es un conjunto completo de conceptos, actividades y procesos que puede ser utilizado para todo tipo de proyectos y posee una interpretación única a nivel global, al ser tan amplio y aplicable para todo tipo de proyectos, de igual forma puede ser utilizado para cualquier tipo de industria lo que permite una comunicación efectiva para la realización de proyectos en diferentes áreas. La metodología PMI debe ser utilizada en proyectos de la industria de los hidrocarburos debido a que es un estándar único y global.

## 2.2 DEFINICIONES

A continuación se presentan definiciones fundamentales para el proceso de la dirección de proyectos.

**2.2.1 Proyecto.** Para PMI<sup>29</sup>, los Proyectos son esfuerzos temporales que se realizan con la finalidad de crear un producto, servicio o resultado único, de igual forma son emprendidos con el objetivo de obtener resultados esperados, existen

---

<sup>29</sup> *Ibíd.*, p.1.

diferentes motivos para emprender un proyecto, pero básicamente es la necesidad de una organización, sin importar del tipo que está sea, de realizar un cambio, es definido por el Instituto de Estándares Británicos <sup>30</sup>(British Standards Institution, BSI en sus siglas en inglés) como la máquina para el cambio. Las razones de buscar ese cambio podría ser la necesidad de mejorar la eficiencia, cambios en los patrones de la demanda, presiones sociales, avances tecnológicos, competencia y proveedores alternativos de bienes y servicios.

“El carácter temporal de los proyectos hace referencia, a que tienen un inicio y final definidos, no tiene relación con la durabilidad de los resultados obtenidos del mismo”<sup>31</sup>. Los proyectos son únicos debido a que sin importar que ciertas actividades y entregables se repitan, el contexto, la época y otras variables le otorgan características únicas a cada proyecto.

El fin de un proyecto puede ser alcanzado de diferentes formas, por la consecución de todos los objetivos propuestos en el proyecto, también puede ocurrir de manera contraria, que sus objetivos no pueden ser cumplidos o no vayan a ser cumplidos, también ocurre que la necesidad que dio origen al proyecto ya no exista o el cliente (cliente, patrocinador o líder) desea terminar el proyecto.

Ejemplos de proyectos:

- La construcción de un pozo.
- La adquisición de sísmica.
- Implementación de un nuevo software.

**2.2.2 Programa.** “Un programa es un conjunto de proyectos, subprogramas y actividades, relacionados y gestionados de manera coordinada, que obtienen un cambio positivo en la naturaleza estratégica de una organización. Los proyectos se relacionan dentro de un programa mediante un resultado común o de la capacidad colectiva”<sup>32</sup>. La dirección de programas es la gestión en conjunto de proyectos relacionados, donde se debe monitorear en función del tiempo, costo y calidad, materializan sinergias que surgen cuando se gestionan coordinadamente.

**2.2.3 Portafolio.** “Un portafolio son proyectos, programas y sub portafolios gestionados como un grupo para lograr los objetivos estratégicos de una organización”<sup>33</sup>. “Los proyectos o programas no tienen que estar relacionados

---

<sup>30</sup> BRITISH STANDARDS INSTITUTE. Project Management – Part 1: Principles and Guidelines...Conventry, UK.: BSI Publications, 2010. p.3.

<sup>31</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Op. cit., p.3.

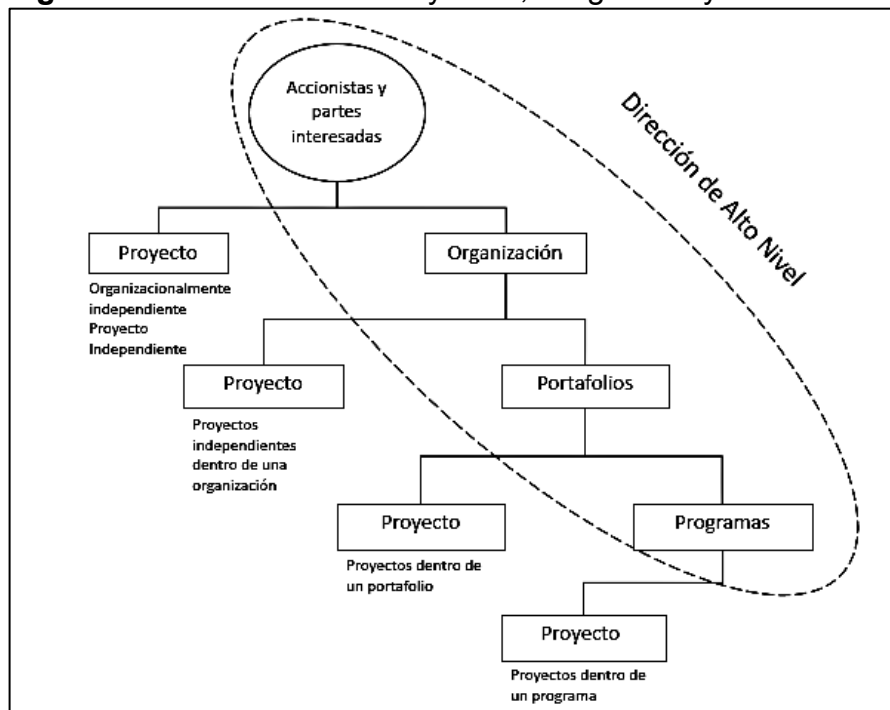
<sup>32</sup> Ibíd., p.7.

<sup>33</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. PMI Lexicon of Project Management Terms. Atlanta, Georgia.: PMI Publications, 2012. p.11.

directamente dentro de la estructura del portafolio”<sup>34</sup>. La dirección de portafolios, es la gestión centralizada de uno o más portafolios, con el fin de lograr objetivos estratégicos.

**2.2.4 Relación de Proyectos, Programas y Portafolios.** Como se puede ver en la **Figura 6**. Según el PMI<sup>35</sup> en el PMBOK, los proyectos, programas y los portafolios deben estar alineados con la organización, específicamente con el plan y los objetivos estratégicos. Con el crecimiento de las organizaciones aumenta la obligación de la elaboración de más proyectos, ante este escenario la necesidad de un agrupamiento eficaz se hace oportuno. En estas circunstancias las organizaciones crean portafolios que contienen programas y proyectos asociados al portafolio, dentro de los programas se agrupan subprogramas y proyectos asociados al programa.

**Figura 6.** Relación de los Proyectos, Programas y Portafolios



**Fuente:** BRITISH STANDARD INSTITUTE, Project Management. London: BSI Publications, 2010. 6 p. ISBN 978 0 580 59996 5. Modificado por los autores.

<sup>34</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Op. Cit., p.7.

<sup>35</sup> Ibíd., p.7.



**2.2.5 Contexto de la Organización.** “El contexto de la organización se refiere al ambiente en el cual es desarrollado el proyecto. Los Proyectos no se inician y desarrollan en el vacío, una apreciación del contexto ayudara al grupo de la dirección del proyecto a la entrega del mismo”<sup>36</sup>. “La realización y gestión de los proyectos depende de ciertos factores, son ellos los que determinan la forma como se dirigirá el proyecto, por ejemplo el sector industrial, la localización geográfica, el uso de equipos virtuales, la complejidad técnica o el impacto financiero”<sup>37</sup>. El contexto de la organización comprende factores internos y externos.

Para la dirección de proyectos, el contexto del proyecto posee un peso específico importante dentro del desarrollo del mismo, la Agencia Noruega para la Cooperación del Desarrollo, NORAD<sup>38</sup> (Norwegian Agency for Development Cooperation) de manera gráfica estructura y define la influencia del contexto o el ambiente del proyecto con respecto al mismo y los objetivos de este como lo muestra la **Figura 7**. Donde el proyecto se encuentra en la parte inferior izquierda, representando el alcance del equipo de la dirección del proyecto, en la parte superior izquierda se encuentra el objetivo, que se encuentra por fuera del alcance inmediato del equipo del proyecto. “El contexto se encuentra en la parte derecha, es un factor determinante para el desarrollo del proyecto y para lograr el resultado esperado del mismo”<sup>39</sup>. La identificación de los factores externos en una etapa temprana contribuye a la selección de una estrategia de proyecto apropiada. El monitoreo tanto de los factores externos como el cumplimiento de los objetivos, incrementa la probabilidad de éxito.

---

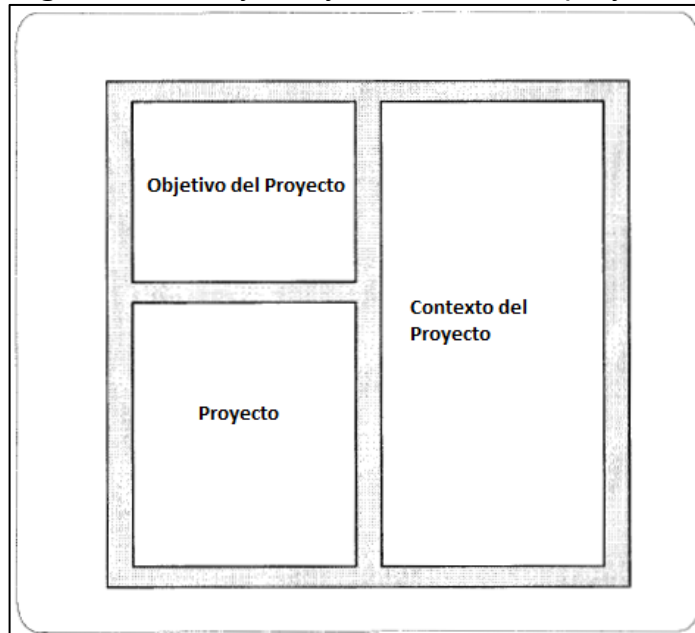
<sup>36</sup> *Ibíd.*, p.19.

<sup>37</sup> ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT. *Op. Cit.*, p.10.

<sup>38</sup> NORWEIGIAN AGENCY FOR DEVELOPMENT COOPERATION. *Op. Cit.*, p.14.

<sup>39</sup> *Ibíd.*, p.14.

**Figura 7. El Proyecto y el contexto del proyecto**



**Fuente:** NORWEIGIAN AGENCY FOR DEVELOPMENT COOPERATION, The Logical Framework Approach. Oslo: NORAD Publications, 1999. 15 p. ISBN 82-7548-160-0. Modificado por los autores.

Un ejemplo de la relación directa entre el contexto del proyecto y el desarrollo del mismo, se puede apreciar con lo sucedido en Cumaral, Meta, como es escrito por la revista Semana<sup>40</sup> en su artículo titulado “Cumaral también le dijo No a la explotación petrolera”, 7475 sufragantes votaron “No”, en una consulta popular para la aprobación de la explotación de hidrocarburos. Mansarovar multinacional asiática que pretendía desarrollar operaciones en la zona, la negativa de la población de Cumaral al no permitir la explotación en la zona detuvo toda la gestión de proyectos de Mansarovar. Esto demuestra la manera como el contexto afecta al proyecto y condiciona su desarrollo.

El PMI, mediante su guía de fundamentos, PMBOK (Project Management Body of Knowledge), estructura de manera más amplia todo lo concerniente al contexto del proyecto, agrupándolo en activos de los procesos de la organización, factores ambientales, interesados del proyecto y gobernabilidad de proyecto, cada uno de estos conjuntos se describe a continuación:

---

<sup>40</sup> REVISTA SEMANA. Cumaral también le dijo No a la explotación petrolera [En línea], 6 de Abril 2017. Disponible en internet: <<http://www.semana.com/nacion/articulo/el-no-gana-la-consulta-popular-minera-en-cumaral/527505>>.

**2.2.5.1 Activos de los Procesos de la Organización.** “Los activos de la organización son cualquier objeto, proceso o conocimiento de la organización que puede ser utilizado como entrada para cualquier actividad de la dirección de proyectos”<sup>41</sup>. La información histórica y las lecciones aprendidas de compañía hacen parte de los activos de la organización de igual manera cronogramas, datos sobre riesgos y valor ganado.

**2.2.5.2 Factores Ambientales de la Empresa.** “Los factores ambientales son condiciones que no están bajo el control del equipo de la dirección de proyectos”<sup>42</sup>. Los factores ambientales pueden generar una influencia positiva o negativa al proyecto, algunos factores ambientales pueden ser:

- La cultura, estructura y gobierno de la organización
- La distribución geográfica de instalaciones y recursos
- Estándares de la industria y gubernamentales
- Canales de comunicación establecidos por la empresa

**2.2.5.3 Interesados del Proyecto.** “El interesado del proyecto se define como un individuo, grupo u organización que es susceptible a afectarse o afectar una decisión, actividad o resultado del proyecto”<sup>43</sup>. Es responsabilidad del equipo del proyecto establecer la gestión de interesados para identificar y clasificar a todos los interesados en función al entorno del proyecto, como internos o externos, positivos o negativos, ejecutores o asesores. El director del proyecto se encarga de gestionar las influencias de los diferentes interesados teniendo en cuenta los requisitos del proyecto para asegurar el éxito del mismo.

La identificación, planeación de la gestión y control de los interesados son procesos críticos y continuos a lo largo del proyecto, de no realizarse, atrae problemas asociados a retraso en tiempos y sobrecostos, en el peor escenario se afecta la continuidad del proyecto.

**2.2.5.4 Gobernabilidad del proyecto.** Para el PMI<sup>44</sup>, la gobernabilidad es un concepto entrelazado con los interesados, ya que se define la alineación del proyecto con las necesidades u objetivos de los interesados. Es un marco de referencia utilizado en todo el ciclo de vida del proyecto para realizar gestión sobre

---

<sup>41</sup> PROJECT MANGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Op. Cit., p.27.

<sup>42</sup> Ibíd., p.29.

<sup>43</sup> Ibíd., p.30.

<sup>44</sup> Ibíd., p.34.

él, de manera coherente para cumplir las necesidades del cliente y los objetivos estratégicos de la organización al mismo tiempo.

La gobernabilidad se define como un marco referencia que brinda al director y al grupo del proyecto, la estructura, los procesos, modelo de toma de decisiones y herramientas suficientes para dirigir el proyecto. Los parámetros determinados en la gobernabilidad, deben estar contemplados en el plan de ejecución del proyecto (PEP). Mediante la gobernabilidad se define el rol de los participantes, el procedimiento de escalamiento de incidentes, los recursos necesarios y la metodología necesaria para completar el proyecto. Algunos ejemplos de marco de gobernabilidad son:

- Los criterios de éxito del proyecto y de aceptación de entregables.
- El Proceso para identificar, escalar y resolver incidentes que surjan durante el proyecto.
- Organigrama del proyecto que identifica los roles del mismo.

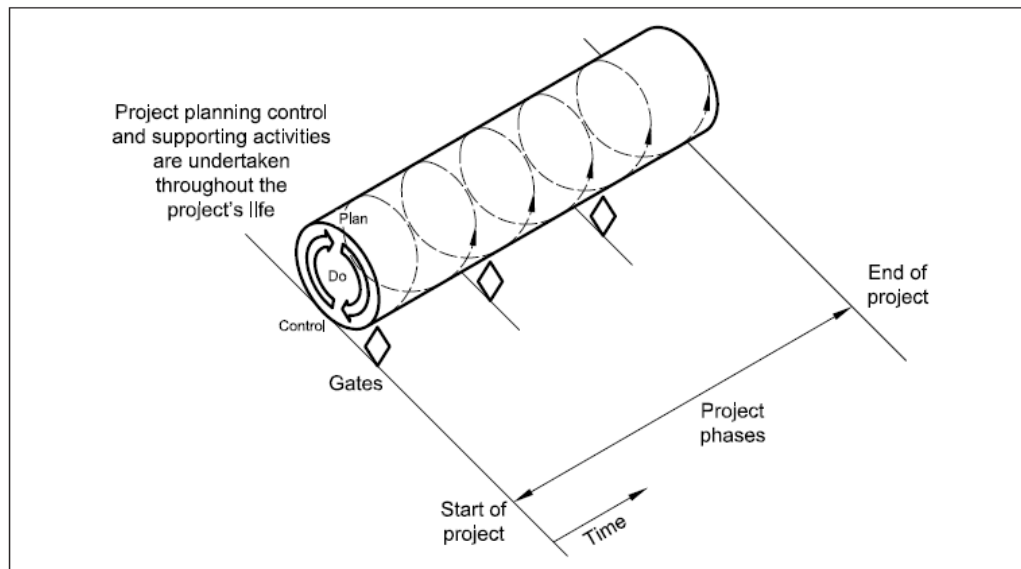
**2.2.6 Ciclo de Vida del Proyecto.** “La mayoría de proyectos, sin importar su tamaño o complejidad, se moverán naturalmente por una serie de distintas fases desde la concepción hasta la terminación”<sup>45</sup>. “El ciclo de vida de los proyectos consiste en un número de distintas fases y esté cambiara a través de las industrias y el sector del negocio. Permite que el proyecto sea considerado como una secuencia de fases que proveerá una estructura y un enfoque de constante cumplimiento de entregables deseados, además que proporciona un marco de referencia básico para dirigir el proyecto”<sup>46</sup>. El desarrollo de un proyecto se puede representar con la siguiente **Figura 8**. Como se puede ver en la imagen, la planificación y el control es un proceso continuo e iterativo a lo largo de la vida del proyecto.

---

<sup>45</sup> *Ibíd.*, p.38.

<sup>46</sup> ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT. *Op. Cit.*, p.80.

**Figura 8.** Desarrollo del proyecto a través del Ciclo de Vida



**Fuente:** BRITISH STANDARD INSTITUTE, Project Management. London: BSI Publications, 2010. 19 p. ISBN 978 0 580 59996 5.

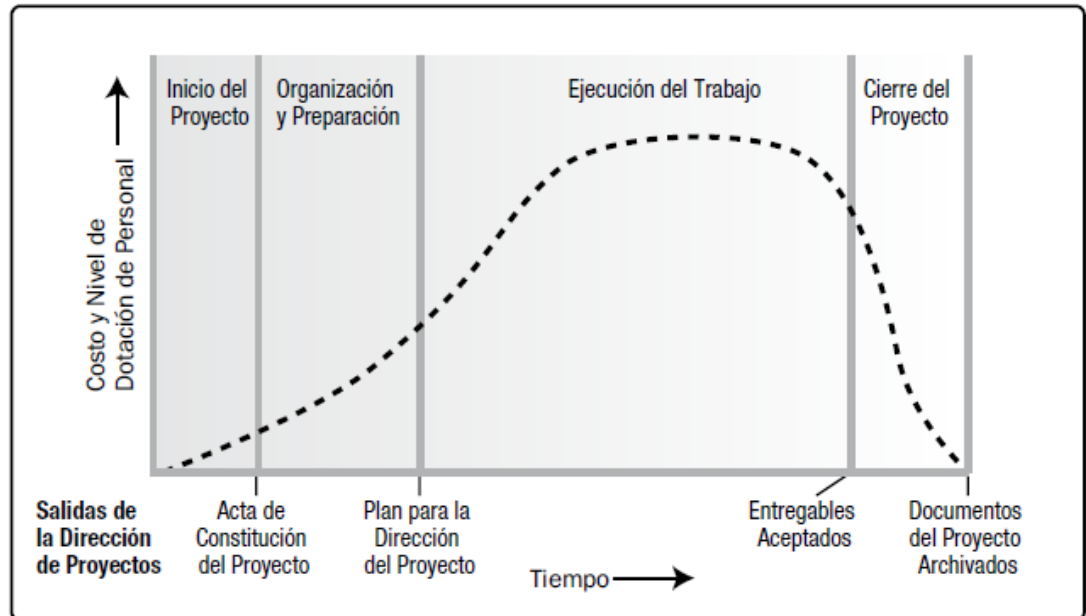
“Sin importar la naturaleza del proyecto, todos se pueden configurar bajo el siguiente esquema”<sup>47</sup>:

- Inicio del Proyecto
- Organización y preparación (Planeación)
- Ejecución del trabajo
- Cierre del proyecto

Bajo esta estructura, haciendo una relación con el costo asociado de cada fase y la dotación de personal. El costo y la requisición de personal son bajos al inicio del proyecto, alcanzan un máximo y luego declina rápidamente, aunque esta premisa no aplica para todos los tipos de proyecto, dado que puede presentar el caso de un proyecto que incurra en gastos importantes para asegurar los recursos necesarios para dar inicio al ciclo de vida. En **Figura 9.**, se observa el comportamiento genérico de un proyecto.

<sup>47</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Op. Cit., p.39.

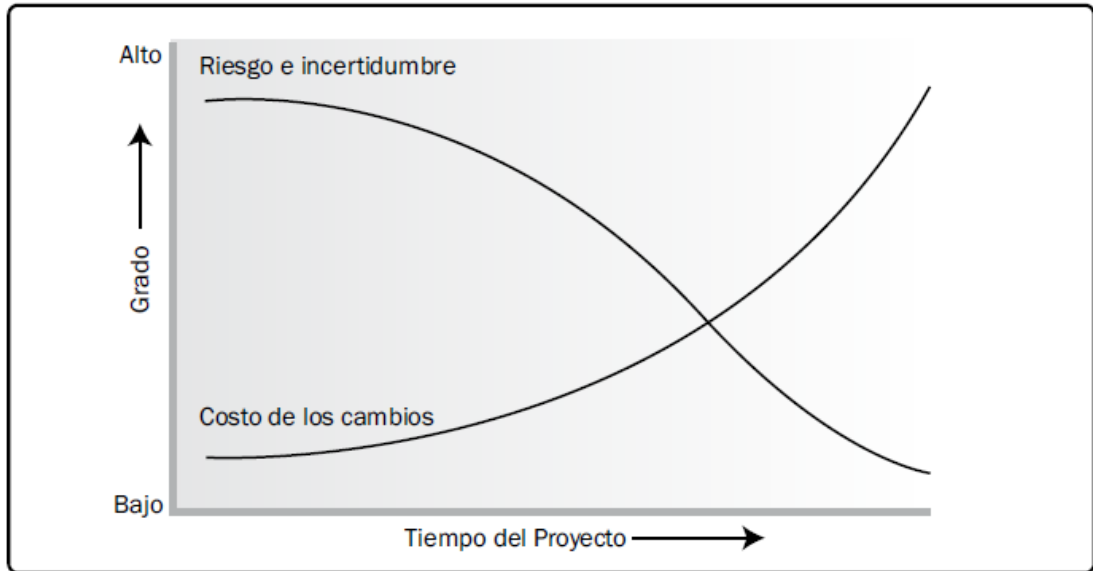
**Figura 9.** Niveles Típicos de Costo y Dotación de Personal



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 25 p.

Con relación a los riesgos y la incertidumbre asociada al proyecto, los riesgos son altos al comienzo del mismo, pero a medida que se va desarrollando el proyecto, tanto los riesgos como la incertidumbre declinan gradualmente (ver **Figura 10.**) Estas características se hacen presentes en cada uno de los ciclos de vida de los proyectos, pero no se presentan de la misma manera. El fin de todo proyecto es mantener alto el grado de influencia de los interesados y el costo mínimo de cambio

**Figura 10.** Afectación de las variables en función del tiempo del proyecto.



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square. Pensilvania EE.UU.: PMI Publications. 2013. 25 p.

**2.2.7 Fases del Proyecto.** En la dirección de proyectos PMI<sup>48</sup>, una fase es un conjunto de actividades, relacionadas de manera lógica cuya finalización está determinada con el cumplimiento de uno o más entregables. Un proyecto requiere dividirse en fases cuando se precisa realizar una actividad única en la totalidad del proyecto, asociada a un entregable específico. Los procesos y actividades, realizadas en una fase del proyecto pueden ser equivalentes a las actividades realizadas en el grupo de procesos de la dirección de proyectos.

La estructuración de las fases del proyecto se realiza de forma lógica, donde se simplifica la dirección, planificación y control, de los procesos. El número de fases, la necesidad de establecer fases y el grado de control aplicado dependen del tamaño y complejidad del proyecto. Las fases poseen ciertas características:

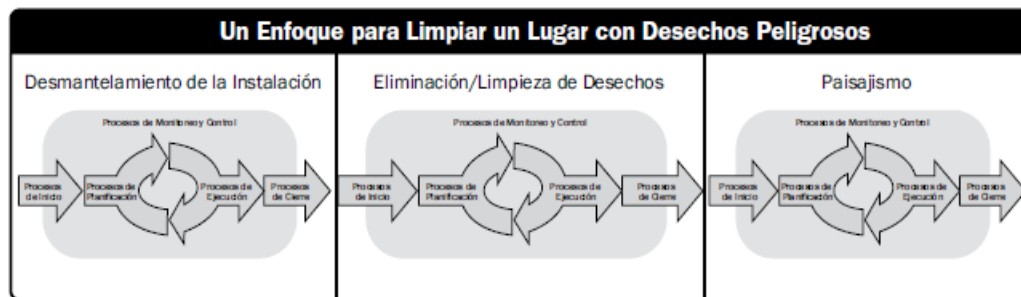
- En cada fase se realiza un trabajo con un enfoque único, que se distingue de otras fases.
- Para el cumplimiento del entregable de la fase, se requiere controles o procesos exclusivos de la fase.
- En el final de cada fase resulta punto de transferencia del trabajo producido, en este punto se realiza una evaluación, donde se toman decisiones, se realizan cambios o se puede optar por la terminación del proyecto.

<sup>48</sup> *Ibíd.*, p.48.

**2.2.7.1 Relaciones entre Fases.** Bajo los parámetros PMI<sup>49</sup>, existen dos tipos básicos de relaciones entre fases; para proyectos estructurados en más de una fase se organizan de manera **secuencial**, pero existen casos en que los proyectos se benefician por la implementación de actividades **superpuestas o simultáneas**.

- **Relación Secuencial:** El inicio de una fase está definido por la finalización de la fase anterior a ella (ver **Figura 11.**), este tipo de relaciones reducen la incertidumbre asociada al proceso, pero no dan la posibilidad de acortar el cronograma.

**Figura 11.** Ejemplo de una Relación Secuencial de Fases



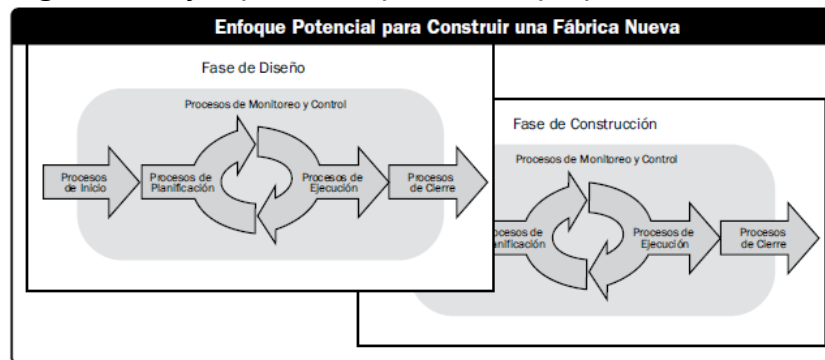
**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 42 p.

- **Relación de Superposición:** En este tipo de relación, una fase inicia antes que termine la anterior. Mediante su uso se puede reducir el cronograma, aunque la superposición de fases, incurre en un aumento de costos para ejecutar procesos y actividades simultáneas, de igual forma esto puede aumentar los riesgos, en la **Figura 12.**, se observa un ejemplo de un proceso superpuesto.

<sup>49</sup> *Ibíd.*, p.42.



**Figura 12.** Ejemplo de un proceso superpuesto



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 42 p.

**2.2.8 Procesos de la Dirección de Proyectos.** Según el PMI<sup>50</sup> los procesos son una serie de actividades y operaciones que se relacionan entre sí, realizadas con el fin de lograr un producto, resultado o servicio, con los requisitos establecidos al comienzo de su elaboración. Todo proceso se compone por entradas, por el conjunto de herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen.

Dentro de la dirección de proyectos, la gestión de procesos es una actividad crítica que tiene que ir de la mano con los activos de los procesos y los factores ambientales de la organización, ya que estos delimitan el desarrollo del proyecto. Estos deben tenerse en cuenta en todos los procesos, aunque no se encuentren explícitos en las entradas de los mismos.

Para que un proyecto tenga éxito la organización debería:

- Seleccionar los procesos adecuados requeridos para alcanzar los objetivos del proyecto.
- Utilizar un enfoque definido que pueda adaptarse para cumplir con los requisitos.

**2.2.8.1 Interacción entre los Grupos de proceso de la Dirección de Proyectos.**

Los grupos de procesos dentro de la dirección de proyectos, para el PMI<sup>51</sup> en el PMBOK, son un conjunto diferenciados de actividades relacionadas entre sí, que se realizan de forma iterativa y pueden repetirse a lo largo de la vida del proyecto. Conceptualmente, los grupos de procesos son definidos como conjuntos "diferenciados", pero en la práctica, los grupos de proceso se superponen e

<sup>50</sup> *Ibíd.*, p.47.

<sup>51</sup> *Ibíd.*, p.50.

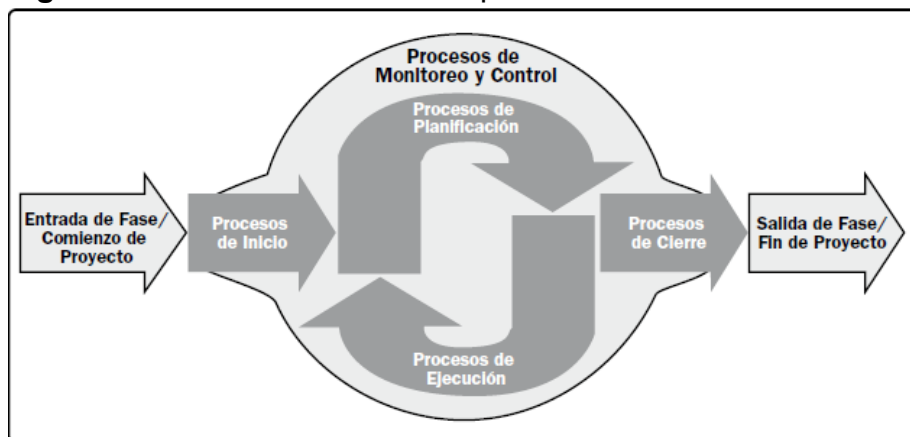
interactúan uno sobre otro de diferentes formas y en múltiples ocasiones. Los grupos de proceso, son base para la aplicación de conocimientos y habilidades en la dirección de proyectos.

Los grupos de procesos son:

- Grupo de procesos de inicio
- Grupo de procesos de planeación
- Grupo de procesos de ejecución
- Grupo de procesos de monitoreo y control
- Grupo de procesos de cierre

Como se observa en la **Figura 13.**, el grupo de procesos de monitoreo y control, se realiza de manera superpuesta a otros grupos de proceso, se podría considerar un grupo de procesos de fondo.

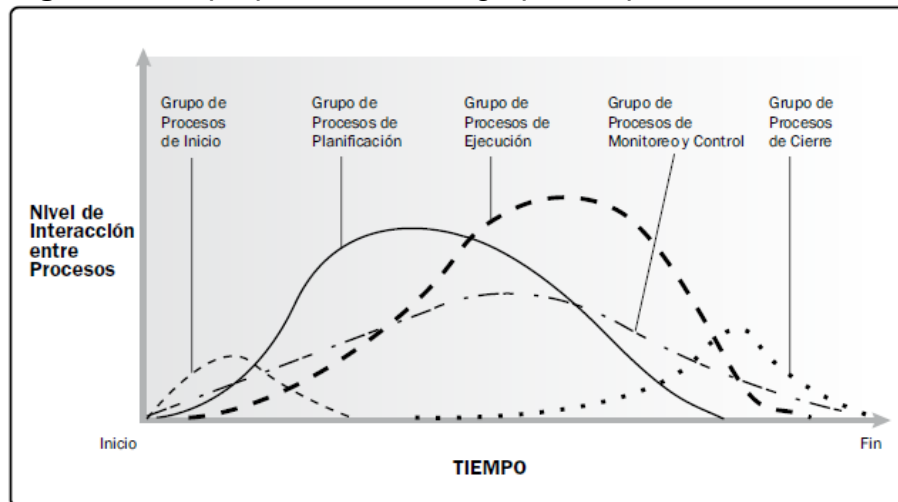
**Figura 13.** Interacción de los Grupos de Proceso



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 51 p.

La dirección de proyectos es una tarea integradora donde cada proceso está directamente relacionado con otro o con el cumplimiento de entregables del proyecto. Los resultados obtenidos en los diferentes grupos de procesos, constituyen salidas de éstos, que se transformaran en entradas de otro grupo. El grupo de Inicio establecerá parámetros constitutivos del proyecto, estos suministran la información necesaria al siguiente grupo de proceso de planeación. De igual forma los parámetros establecidos en el grupo de planeación son las entradas de la ejecución. La **Figura 14.**, muestra la superposición entre los grupos de proceso.

**Figura 14.** Superposición de los grupos de procesos



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 51 p.

**2.2.8.2 Grupo de Procesos de Inicio.** Este grupo, según lo establece el PMI mediante el PMBOK<sup>52</sup>, está constituido por los procesos necesarios para definir un proyecto o una nueva fase de un proyecto existente, se realizan posterior a la autorización del comienzo del proyecto o una nueva fase. Mediante éste se definen inicialmente un alcance y un presupuesto. Adicionalmente, se identifican los interesados internos o externos que participan o ejercen alguna influencia sobre el resultado total del proyecto. El objetivo de este grupo es establecer la visión del proyecto, determinar “que se tiene que hacer”, igualmente debe alinear las expectativas de los interesados, otorgarles visibilidad dentro del objetivo y el alcance, mostrar su participación en el proyecto para asegurar el logro de sus expectativas.

**2.2.8.3 Grupo de Procesos de Planificación.** El grupo de procesos de planificación, para el PMI<sup>53</sup>, están compuestos por las actividades necesarias para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos, además de desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos, dando como resultado el plan para la dirección del proyecto y la documentación del mismo. Estos procesos expresan como se llevara a cabo el proyecto o la fase, y establecen la ruta hasta el objetivo esperado.

<sup>52</sup> *Ibíd.*, p.54.

<sup>53</sup> *Ibíd.*, p.55.

Son procesos de incorporación progresiva, debido a la naturaleza compleja de la dirección de proyectos, donde en el transcurso del mismo se va recopilando y comprendiendo más información, dando como resultado la necesidad de incorporar planificación adicional. La incorporación progresiva indica que la planificación y documentación son tareas iterativas y continuas. Estas actividades se extienden de manera indefinida, son procedimientos establecidos por la organización donde se especifica hasta donde se realiza la planificación inicial.

**2.2.8.4 Grupo de Procesos de Ejecución.** Según el PMI<sup>54</sup>, este grupo contempla todas las actividades necesarias para cumplir con el plan para la dirección del proyecto y las especificaciones del mismo. El desarrollo de este grupo implica la coordinación de recursos humanos y financieros, adicional a esto, se debe gestionar las expectativas de los interesados. La mayor parte del presupuesto del proyecto se utilizara en este grupo.

A medida del desarrollo el proyecto, se realiza una revisión continua de los resultados obtenidos, debido a esto surge la necesidad de modificar el plan del proyecto y actualizar la línea base. Eventos como la modificación de la duración prevista de las actividades, cambios en la disponibilidad de los recursos así como riesgos no previstos, afectan en el plan del proyecto donde se requiere de un análisis detallado y posteriormente efectuar solicitudes de cambio. De ser aprobadas, se modifica el plan del proyecto y se establece una nueva línea base.

**2.2.8.5 Grupos de Procesos de Monitoreo y Control.** Este grupo de procesos, según lo establece el PMI<sup>55</sup> por medio del PMBOK, lo constituyen todas aquellas actividades que permiten rastrear, analizar y dirigir el desempeño y el progreso del proyecto, para identificar secciones del plan que requieran cambios. El desempeño del proyecto se mide y analiza en intervalos regulares para identificar variaciones con respecto al plan de ejecución. Este grupo de procesos permite conocer la salud del proyecto e identificar las áreas que requieren mayor atención mediante el monitoreo continuo. Éste implica:

- Controlar los cambios e indicar acciones preventivas y correctivas cuando se determine necesario.
- Elaborar la medición del desempeño del proyecto, mediante el monitoreo de las actividades, y la comparación de estas con el plan de ejecución y la línea base.

El grupo de procesos de monitoreo y control no solo revisa el trabajo que se está realizando dentro de un grupo de procesos, sino que también monitorea el esfuerzo global dedicado al proyecto.

---

<sup>54</sup> Ibid., p.56.

<sup>55</sup> Ibid., p. 57

**2.2.8.6 Grupo de Procesos de Cierre.** El grupo de procesos de cierre, para el PMI<sup>56</sup> son todas aquellas actividades necesarias para completar formalmente un proyecto, una fase u otras obligaciones contractuales. Por medio de este grupo de procesos se verifica que todas las actividades definidas se hayan desarrollado completamente en los diferentes grupos de procesos, de esta forma finaliza el proyecto o la fase y se establece una terminación formal según el caso (proyecto o fase).

Mediante el grupo de procesos de cierre se puede finalizar prematuramente los proyectos, por circunstancias como: proyectos abortados, proyectos cancelados y proyectos en crisis.

**2.2.8.7 Áreas de Conocimiento.** Un área de conocimiento representa un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización. El PMI<sup>57</sup> mediante su guía de fundamentos, PMBOK, establece 47 procesos para la dirección de proyectos, los cuales agrupa en diez áreas de conocimiento. Éstas son:

- Gestión de la integración del proyecto
- Gestión del alcance del proyecto
- Gestión del tiempo del proyecto
- Gestión de costos del proyecto
- Gestión de la calidad del proyecto
- Gestión de los recursos humanos del proyecto
- Gestión de las comunicaciones del proyecto
- Gestión de los riesgos del proyecto
- Gestión de las adquisiciones del proyecto
- Gestión de Interesados del Proyecto

“Las distintas áreas de conocimiento se integran a todos los grupos de procesos, sirviendo como apoyo, proporcionando información detallada de las entradas y salidas de los procesos, mostrando las herramientas y técnicas más usadas en de la dirección de proyectos para producir cada uno de los resultados”<sup>58</sup>. Los 47 procesos, su agrupamiento en los cinco grupos de procesos y las diez áreas de conocimiento se pueden ver en la **Tabla 1**.

---

<sup>56</sup> *Ibíd.*, p.57.

<sup>57</sup> *Ibíd.*, p.60.

<sup>58</sup> *Ibíd.*, p.60.

**Tabla 1. Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos**

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
<b>Gestión de Integración del Proyecto</b>	Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	1. Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 2. Realizar el Control Integrado de Cambios	Cerrar Proyecto o Fase
<b>Gestión del Alcance del Proyecto</b>		1. Planificar la Gestión del Alcance 2. Recopilar Requisitos 3. Definir el Alcance 4. Crear la EDT/WBS		1. Validar el Alcance 2. Controlar el Alcance	
<b>Gestión del Tiempo del Proyecto</b>		1. Planificar la Gestión del Cronograma 2. Definir las Actividades 3. Secuenciar las Actividades 4. Estimar los Recursos de las Actividades 5. Estimar la Duración de las Actividades 6. Desarrollar el Cronograma		Controlar el Cronograma	
<b>Gestión de los Costos del Proyecto</b>		1. Planificar la Gestión de los Costos 2. Estimar los Costos 3. Determinar el Presupuesto		Controlar los Costos	
<b>Gestión de la Calidad del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de la Calidad	Realizar el Aseguramiento de Calidad	Controlar la Calidad	
<b>Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	1. Adquirir el Equipo del Proyecto 2. Desarrollar el Equipo del Proyecto 3. Dirigir el Equipo del Proyecto		
<b>Gestión de las Comunicaciones del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de las Comunicaciones	Gestionar las Comunicaciones	Controlar las Comunicaciones	
<b>Gestión de los Riesgos del Proyecto</b>		1. Planificar la Gestión de los Riesgos 2. Identificar los Riesgos 3. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 4. Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 5. Planificar la Respuesta a los Riesgos		Controlar las Comunicaciones	
<b>Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de las Adquisiciones	Efectuar las Adquisiciones	Controlar las Adquisiciones	Cerrar las Adquisiciones
<b>Gestión de los Interesados del Proyecto</b>	Identificar a los Interesados	Planificar la Gestión de los Interesados	Gestionar la Participación de los Interesados	Controlar la Participación de los Interesados	

**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 61 p. Modificada por los autores

## 2.3 DIRECCIÓN DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO

La utilización de los esquemas y procesos establecidos por diferentes metodologías y organizaciones de dirección de proyectos, han aumentado su aplicabilidad en todas las industrias, en los últimos 15 años, la industria del petróleo no ha sido ajena a la utilización de estos parámetros. Poco a poco grandes multinacionales de exploración y producción (E&P) de petróleo y gas, han encontrado fiabilidad en la dirección de proyectos, a causa de la naturaleza compleja de la industria, debido a que involucra el manejo de factores críticos como la intervención de diferentes inversionistas, personal de diferentes áreas y condiciones complejas de mercado. La dirección de proyectos asegura el manejo adecuado de estos factores críticos, encaminando a diferentes organizaciones dentro de la industria de petróleo y gas, a la consecución de sus objetivos.

Al Ahmad<sup>59</sup>, afirma que la aplicación de la dirección de proyectos actualmente es una tendencia en la industria del petróleo y gas, en su artículo de investigación “Oficina de dirección de proyectos: La tendencia estratégica en la Industria del petróleo” (*“Project Management Office: The Strategic Trend In Petroleum Industry”*, título original en inglés) habla de la importancia de la dirección de proyectos y su aplicación, esencialmente en la instalación de una Oficina de Dirección de Proyectos, PMO. Los beneficios de lo anteriormente expuesto, son:

- Mejora en la calidad de ejecución del proyecto, reduce los costos de su ejecución y sobre todo aumenta la satisfacción del cliente y del inversionista.
- Promueve la estandarización de metodologías de gerencia de proyectos, lo cual hace que los procedimientos se vuelvan repetitivos asegurando la mejora continua de la organización.
- Aumenta la cultura de lecciones aprendidas, los equipos de proyecto utilizan esta información histórica para la identificación de problemas y sugiere soluciones a potenciales riesgos.
- Se alinean las metas y objetivos de la organización, de esta forma se priorizan ciertos proyectos, para optimizar los resultados esperados por las empresas.

“La perforación, está compuesta por una serie operaciones críticas que componen el 80% del costo total de la construcción de un pozo”<sup>60</sup>, como lo expresa el Dr. Tonye Alagba en su artículo para la SPE, teniendo en cuenta que esta relación aumenta si las operaciones se realizan en zonas profundas costa afuera. Por consecuencia de la gran inversión realizada en las operaciones de perforación, la expectativa de obtener ganancias aumenta en los inversionistas, aumentando la necesidad de

---

<sup>59</sup> AHMAD, A. Project Management Office: The Strategic Trend in Petroleum. Abu Dhabi: Society of Petroleum Engineers, 2015. SPE-177580-MS. p.1-12.

<sup>60</sup> TONYE, Alagba. Improving Drilling Performance Through Deployment of 12-Project Management Critical Success Factors: An Empirical Investigation. Charlestone: Society of Petroleum Engineers, 2014. SPE-171033-MS. p. 1.

realizar la perforación en el menor tiempo posible, al mínimo costo posible. La perforación es una serie de procesos críticos con la necesidad de la aplicación de actividades y metodologías que otorguen cierto grado de fiabilidad y confianza en la obtención de objetivos planteados, como lo expresa el Dr. Tonye J. Alagba<sup>61</sup>, muchas empresas petroleras han utilizado la dirección de proyectos para manejar la complejidad asociada a los proyectos de perforación, en función de incrementar las posibilidades de éxito del proyecto. En la investigación empírica que realiza este autor, compila las experiencias de 217 personas que estuvieron en proyectos de perforación (que desarrollaron tareas de ingeniería, supervisión y gerencia) donde concluye que la mayoría de casos donde los proyectos fueron considerados fracasos, no se debió a fallas técnicas, si no falta de organización.

Para mostrar la importancia de la dirección de proyectos en la industria del petróleo, a continuación se describe como está siendo parte constitutiva para la toma de decisiones en algunas compañías “E&P” que operan actualmente en Colombia.

**2.3.1 Metodologías aplicadas de dirección de proyectos en las algunas compañías petroleras que operan en Colombia.** Como se expuso anteriormente, en la actualidad la utilización de las metodologías para la dirección de proyectos se está convirtiendo en una necesidad en la industria de petróleo y gas. El sector petrolífero en Colombia no ha sido ajeno a la utilización de la dirección de proyectos, organizaciones como ECOPETROL o CEPESA desde hace tiempo llevan desarrollando proyectos con base a lineamientos de modelos desarrollados por ellas mismas, estructurados mediante modelos existentes, por ejemplo el modelo PMI.

**2.3.1.1 CEPESA, Unidad de Planeación Operativa.** Por medio de esta unidad, CEPESA Colombia S.A.<sup>62</sup> como lo explica en un análisis de riesgo, integra todas sus áreas para desarrollar de manera conjunta la definición, planeación, monitoreo y control de los proyectos. Mediante la **Figura 15**, se describe la organización estratégica de la compañía, para la dirección de proyectos.

• **Etapas 1 - Identificación:**

- Identificación de la idea
- Análisis de ajuste estratégico
- Estimación preliminar de costos de ejecución (recursos, costos internos y externos para cada etapa)
- Cronograma preliminar
- Identificación de los mayores riesgos del proyecto

---

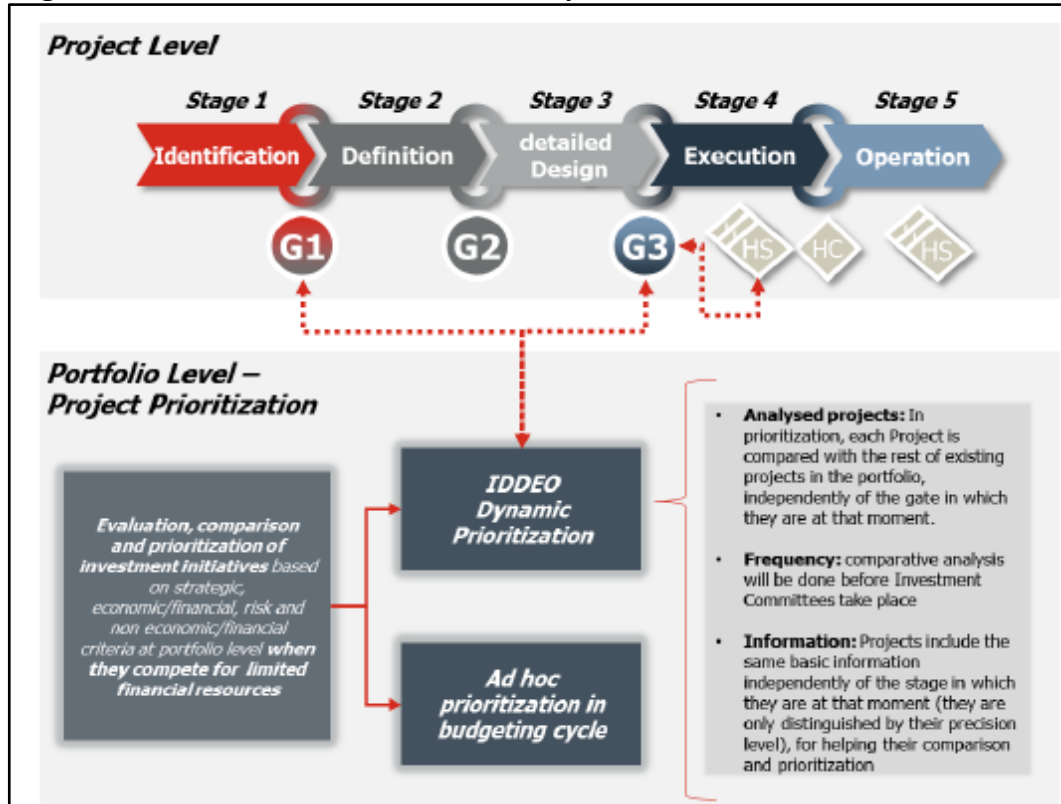
<sup>61</sup> *Ibíd.*, p.2.

<sup>62</sup> CEPESA, UNIDAD OPERATIVA. Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015. p.4.



- En esta etapa los gastos no representan una propuesta de inversión.
- **Etapa 2 – Definición:**
  - Preparación del estudio inicial de la oportunidad de inversión.
  - Evaluación y comparación de las alternativas técnicas posibles.
  - Involucrar las áreas transversales identificadas en hito 1 (G1 en la **Figura 15**, estas áreas son riesgos, estrategia, ingeniería).
- **Etapa 3 – Diseño detallado:**
  - Preparación de estudios detallados y de ingeniería básica para la opción de inversión seleccionada: alcance y plan de implementación.
  - Preparación del plan de adquisiciones.
  - Recibir análisis de las áreas transversales.
- **Etapa 4 – Ejecución:**
  - Ejecución del proyecto aprobado (desarrollo de la ingeniería detallada si es aplicable)
  - Realizar seguimiento (costos, en términos de recursos asignados)
- **Etapa 5 – Operación y Seguimiento:**
  - Control de la operación de la inversión realizada
  - Identificación de lecciones aprendidas y áreas por mejorar

**Figura 15.** Modelo de Dirección de Proyectos de CEPSA



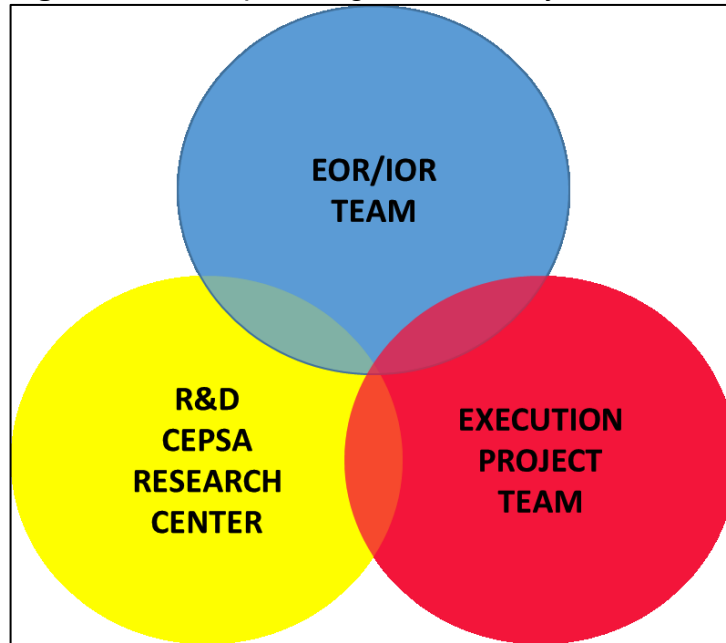
**Fuente:** CEPSA, UNIDAD OPERATIVA. Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015, 4p.

Para ilustrar lo anterior se presenta el caso práctico descrito en el artículo SPE del Ingeniero Cubillos<sup>63</sup>, donde expone la estrategia y planeación para un proceso de Recobro Mejorado (EOR) para el Campo Caraca Sur, donde se exponen todos los pasos para la elaboración del proyecto mediante todos los grupos de proceso.

El enfoque integrador para la ejecución de proyectos de CEPSA, en este caso incluye las áreas de recobro mejorado, ingeniería de yacimientos, geología, ingeniería química e ingeniería de producción, como se observa en la **Figura 16.**, se ilustra la sinergia para la planeación del proyecto.

<sup>63</sup> CUBILLOS, H., et al. Strategy and Planing EOR for Caracara Sur Field, Colombia. London: Society of Petroleum Engineers., 2013. SPE 164930. p 1-10.

**Figura 16.** Enfoque Integrador de Proyecto CEPESA



**Fuente:** CUBILLOS, H., et al. Strategy and Planing EOR for Caracara Sur Field, Colombia. London: Society of Petroleum Engineers., 2013. SPE 164930. p 9.

Dadas las condiciones del yacimiento con una gravedad del crudo de 21°API y un fuerte soporte activo de presión mediante un acuífero, la eficiencia de barrido se considera demasiado baja además de producir con un corte de agua del 80%. Ante estas condiciones, se determina la utilización de técnicas de recobro mejorado (EOR). Partiendo de las condiciones geológicas de la formación objetivo y las propiedades de los fluidos contenidos en el reservorio se estiman las siguientes fases para la ejecución del proyecto:

- Fase 1 - Revisión: evaluar si el reservorio posee el potencial para el flujo de químicos definido por la ingeniería de yacimientos, geología y una evaluación económica.
- Fase 2 - Viabilidad técnica: el desarrollo de un fluido de inyección óptimo en el laboratorio.
- Fase 3 – Evaluación de Laboratorio.
- Fase 4 – Prueba pre - piloto y piloto.
- Fase 5 – Utilización completa en campo.

En el grupo de planeación se estiman los escenarios desfavorables y las incertidumbres del proyecto, para este caso una mojabilidad mixta y desconocimiento de la saturación residual del petróleo. De forma más estructurada se presenta en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Problemas, Estrategias e Implicaciones para el proceso EOR en Caracara

<b>Inconvenientes de Tiempo</b>		
Problemas:	Estrategias:	Implicaciones:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte de agua demasiado alto.</li> <li>• Cercanía al límite económico para ejecutar el proceso EOR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un equipo dedicado en la compañía; traer consultores externos donde sea necesario.</li> <li>• Utilizar recursos humanos expertos en la perforación y producción.</li> <li>• Desarrollar un enfoque de “vía rápida”: trabajo de laboratorio y una prueba de indicador químico en un solo pozo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto al límite del cronograma.</li> <li>• Seguridad de calidad técnica</li> </ul>

**Fuente:** CUBILLOS, H., et al. Strategy and Planing EOR for Caracara Sur Field, Colombia. London: Society of Petroleum Engineers., 2013. SPE 164930. p. 6.

A partir de los limitantes del proyecto, escenarios desfavorables y fases establecidas, se genera una estructura general y básica con las actividades y procesos a realizar durante todo el desarrollo del proyecto.

### **2.3.1.2 ECOPETROL, Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos, MMGP.**

ECOPETROL desarrolla su modelo, como lo expresa Luis Sepúlveda<sup>64</sup> en su presentación acerca de éste sistema de gestión, partiendo de conceptos PMI, proyectos industriales de compañías petroleras, FEL desarrollado por Construction Industry Institute y la experiencia propia de ECOPETROL. Las oportunidades de mejora encontradas para el desarrollo del modelo fueron por ejemplo gestiones de proyecto de áreas sin comunicación entre ellas donde su desarrollo dependía del conocimiento y experiencia del jefe de área, de igual manera se aprobaban y ejecutaban proyectos mal definidos, sin alcance claro, con altos riesgos.

El MMGP según establece Luis Sepúlveda<sup>65</sup>, se convirtió en un sistema de aseguramiento para el uso efectivo de capital, en el cual se integra la gestión de portafolios, gestión de programas y la gestión de proyectos, resultando en una

<sup>64</sup> SEPULVEDA, Luis y URREGO, Luis. Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos, Factor Clave de Éxito en la Gestión de Proyectos de ECOPETROL. [Diapositivas] Bogotá D.C, Colombia: PMI Publications, 2012. p.1.

<sup>65</sup> *Ibíd.*, p.4.

mejora del desempeño de los proyectos a causa de tomas de decisiones con calidad, además se aumenta las oportunidades de éxito dentro de la ejecución, sin embargo este modelo no es una única clave para lograr el éxito y no sustituye una sólida gestión de proyectos. Las fases de este modelo son la identificación de la oportunidad, selección de la alternativa, definición del proyecto, ejecución y entrada en operación. En la **Figura 17**, se muestra cada una de las fases ya mencionadas, donde se explica los procesos que se utilizan en cada uno.

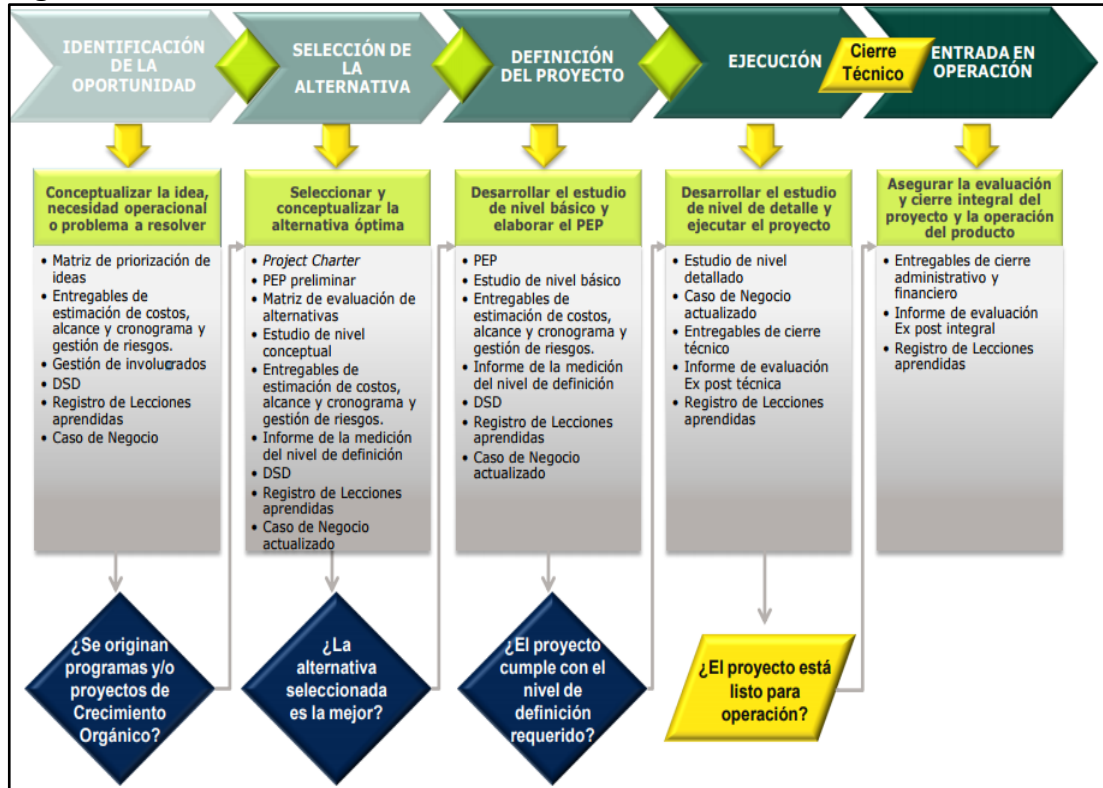
La dirección de proyectos para este modelo desarrollado por ECOPETROL, comprende el desarrollo de cinco fases, como lo muestra la **Figura 17**, Sepúlveda<sup>66</sup> describe las fases de la siguiente forma:

- **Identificación de la Oportunidad:** en este grupo se definen las posibles alternativas de la oportunidad de negocio, se determina la viabilidad de cada una frente a la estrategia de ECOPETROL. Se realiza una estimación inicial de los costos y los riesgos, para cada una de las oportunidades.
- **Selección de la Alternativa:** se selecciona de la mejor alternativa técnica, ambiental, social y económica, para presentarla como un caso de negocio, donde se define su alcance y viabilidad. Mediante una RAM (Risk Assessment Matrix), donde se establece una evaluación cualitativa de los riesgos.
- **Definición del Proyecto:** por medio de este grupo se define la alternativa seleccionada como proyecto, donde se fija un plan de ejecución (PEP), constituido por la estructura detallada del trabajo, del cual nacen las líneas base de tiempo, costo y calidad. En este grupo se desarrolla de igual manera un plan de administración de riesgo, se mide el nivel de definición del proyecto (FEL), previo a la ejecución.
- **Ejecución del Proyecto:** el objetivo de esta fase es la materialización del alcance del proyecto para la obtención de los objetivos del mismo. Para lograrlo se debe ejecutar el PEP, hacer un seguimiento al desempeño y verificar la ejecución del proyecto.
- **Operación:** el comienzo de la operación marca el fin técnico, se realiza el desarrollo operacional del proyecto, se buscan más alternativas. En general esta fase establece una comparación entre el planteamiento del proyecto y los resultados reales del mismo.

---

<sup>66</sup> *Ibíd.*, p.7-10.

**Figura 17. Fases del Modelo MMGP de ECOPETROL**



**Fuente:** SEPÚLVEDA, Luis y URREGO, Luis. Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos, Factor Clave de Éxito en la Gestión de Proyectos de ECOPETROL. [Diapositivas] Bogotá D.C, Colombia: PMI Publications, 2012.

Para Sepúlveda<sup>67</sup>, la aplicación de este modelo ayudó a ECOPETROL en la optimización de la estrategia organizacional, donde se incluyeron conocimientos y procesos propios, fijando desde un primer momento indicadores claros y precisos. La gerencia al cambio definida por el modelo, con ayuda de la revisión permanente, permitió a ECOPETROL lograr el objetivo de una mejora continua.

**2.3.1.3 Relación de los modelos expuestos, con el PMI.** El modelo de CEPESA y ECOPETROL, se desarrollan mediante el uso de cinco grupos de procesos, en aspectos generales funcionan bajo la misma estructura: identificación, selección de la definición, ejecución y operación. Por la estructura que establece el PMI, para la dirección de proyectos, los modelos de CEPESA y ECOPETROL, se desarrollan de bajo este principio.

<sup>67</sup> Ibíd., p.6.

**2.3.2 Ejemplo práctico de metodología, Pacific Corp. Must Do.** Ante la caída de los precios del petróleo en el año 2014, Pacific Corp. determino la necesidad de desarrollar un modelo de gestión con el objetivo de ser una vía rápida para explorar y producir de manera óptima, aprovechando las oportunidades de negocio presentadas en los campos que opera la compañía en territorio colombiano. El Ingeniero Tomas José Mata<sup>68</sup> de Pacific Corp., expone los beneficios obtenidos por la organización luego de establecer un modelo de dirección de proyectos “Must Do”, el cual se fundamenta en tres niveles, “descubrir las claves principales de la oportunidad de negocio”, “el empoderamiento de un líder y un grupo encargados de ideas innovadoras” y “La reingeniería de los negocios”.

Para el Ingeniero Mata<sup>69</sup>, los objetivos planteados de la metodología creada por Pacific Corp., fueron el incremento de la producción por medio de desarrollos rentables en el área de yacimientos, una reducción radical de los costos de levantamiento y un incremento de reservas con base a recursos concebidos de tecnología de alta rentabilidad. El enfoque organizacional tomado fue la creación de unidades para la gerencia integral de activos, IAM (Integrated Asset Management), equipados con directores experimentados de gran potencial, tecnología, equipos de soporte logístico y operacional; se formaron unidades IAM abarcando las áreas operacionales críticas para Pacific Corp., las cuales fueron: gestión para el desarrollo de campo, supervisión de yacimientos, construcción de pozos, construcción de facilidades, operaciones y mantenimiento, soporte logístico e ingeniería de producción. Luego de un proceso largo y complejo de organización de procesos mediante la nueva metodología, se logró producir un cambio importante dentro de la compañía sin afectar la productividad de la misma, donde se creó una cultura totalmente orientada hacia la dirección de proyectos comenzado por comité ejecutivo, un área encargada del suministro para adquisición y compras, reuniones operacionales diarias para la toma de decisiones.

Al final de lograr establecer la nueva cultura organizacional, Pacific Corp., define los pilares de su modelo de Gestión de Proyectos, “Must Do”:

- Incrementar la producción por medio de desarrollos rentables en el área de yacimientos:
  - Crear portafolios fuertes para planes integrados de desarrollo de campo.
  - Optimizar costos de perforación y completamiento.
  - Reducir costos de facilidades y transporte, generalmente por centralización.
- Reducir radicalmente los costos de levantamiento:
  - Reducir la energía y costos variables. Optimizar los sistemas de levantamiento.
  - Desarrollar excelencia operacional usando prácticas integradas de productividad.

---

<sup>68</sup> MATA, T. An Innovative Management Approach for Fast Track Field Development. Dubai: Society of Petroleum Engineers, 2016. SPE-181385-MS. p.1.

<sup>69</sup> Ibid., p.2-5.

- Construir automatización de flujos de trabajo inteligente para la dirección en el pozo, yacimientos y las facilidades.
- Incrementar de reservas con base a recursos concebidos de tecnología de alta rentabilidad.
- Monetizar recursos fuertes de gas.
- Ejecutar programas IOR/EOR en reservorios con beneficios significativos.

Para demostrar los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema de gestión, el autor T.J Mata<sup>70</sup> los describe en la explotación de dos campos de la Cuenca de los Llanos Orientales:

- Campo ACA en la Cuenca de los Llanos Orientales:

Por medio del Pozo C-1 se comprobó la acumulación de hidrocarburos en febrero de 2014. Este pozo exploratorio, fue puesto a producción con una bomba electro sumergible, como sistema de levantamiento artificial. Utilizando el modelo de “vía rápida” se comenzó a producir de manera rápida reduciendo costos en el pozo y en las facilidades de producción.

La evolución de la producción en el campo es mostrada en la **Gráfico 2**, donde se demuestra un incremento de 11300 BOPD, que representa un aumento del 240% entre el año 2014 y el año 2015.

- Campo "Y":

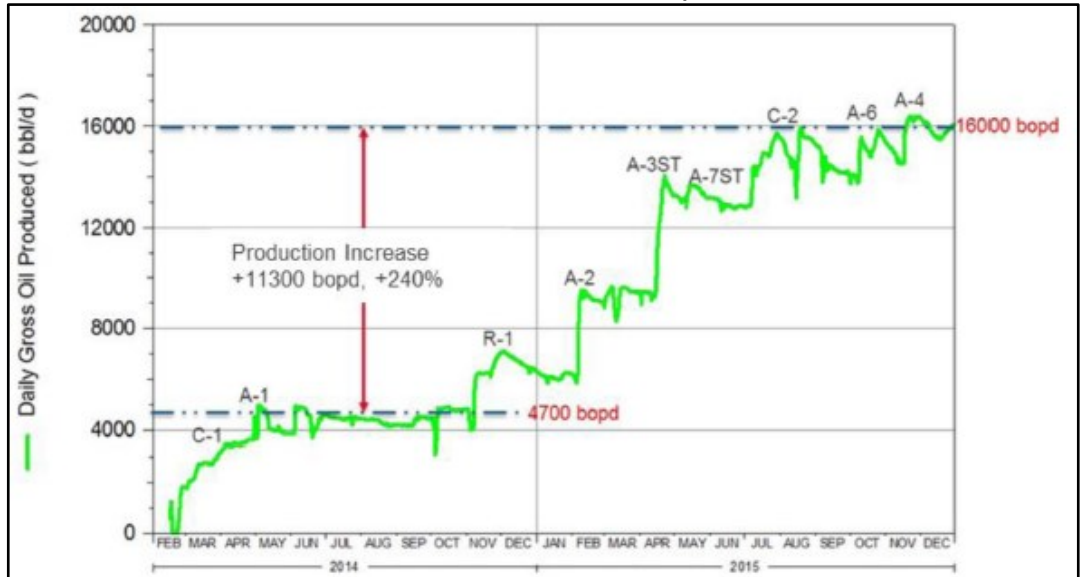
Luego del descubrimiento en 2014, los resultados de la producción de este campo se muestran en la **Gráfico 3**. La utilización de la metodología de gerenciamiento muestra un incremento en la producción.

---

<sup>70</sup> Ibid., p.6-9.

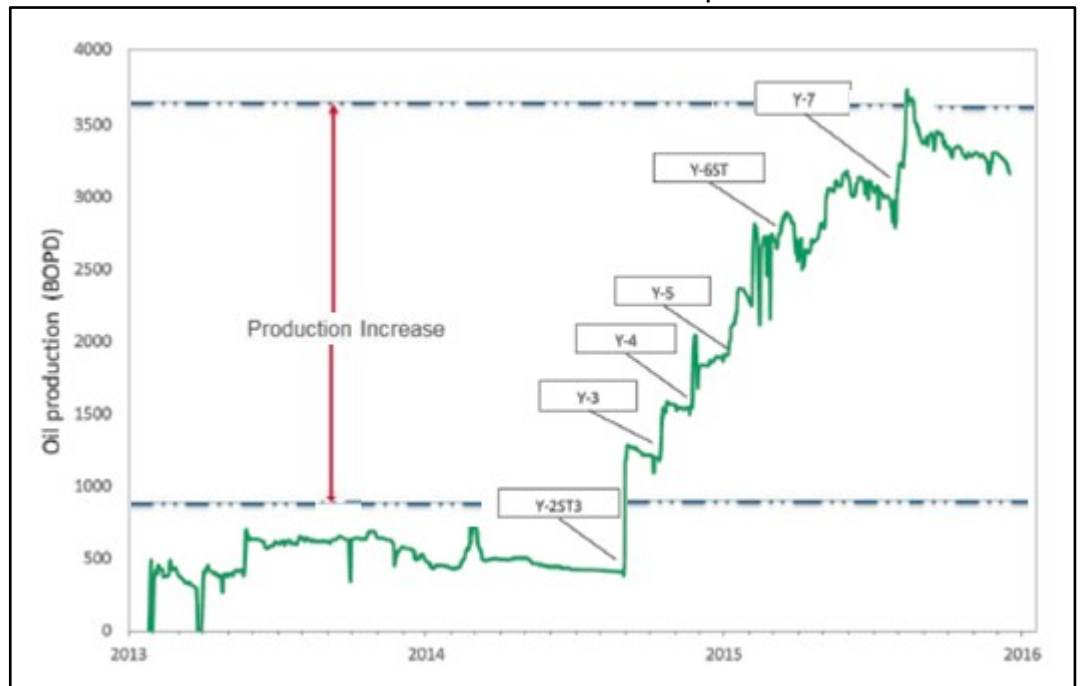


**Gráfico 2.** Evolución de la Perforación del Campo durante 24 meses.



**Fuente:** MATA, T. An Innovative Management Approach for Fast Track Field Development. Dubai: Society of Petroleum Engineers, 2016. SPE-181385-MS. p.6.

**Gráfico 3.** Evolución de la Producción en el Campo “Y” durante 36 meses



**Fuente:** MATA, T. An Innovative Management Approach for Fast Track Field Development. Dubai: Society of Petroleum Engineers, 2016. SPE-181385-MS. p.8.

### 3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE POZO EXPLORATORIO

Conforme al objeto de estudio del presente trabajo, se realizan los procesos y actividades que componen el Grupo de Procesos de Planeación como lo establece el PMI, para la perforación de un pozo exploratorio en el Bloque Puntero, haciendo énfasis en áreas de conocimiento críticas como alcance, tiempo, costos y riesgo. El enfoque integrado del PMI, implica la planeación del presente proyecto mediante la coordinación conjunta de áreas profesionales y técnicas, como la perforación con las distintas disciplinas involucradas (ingeniería de perforación, ingeniería de fluidos, control de sólidos, registros eléctricos, completamiento y cementación), obras civiles, organizaciones ambientales y factores sociales. Relacionando los conceptos expuestos anteriormente, la planeación de este proyecto incluye la identificación del contexto del mismo, determinación de factores ambientales, y activos de procesos de la organización que influyan en el desarrollo del proyecto. La **Tabla 3.**, muestra las actividades del grupo de procesos de planeación.

**Tabla 3.** Actividades para el grupo de procesos de planeación para todas las áreas de Conocimiento.

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos
	Grupo de Procesos de Planificación
<b>Gestión de Integración del Proyecto</b>	1. Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto
<b>Gestión del Alcance del Proyecto</b>	1. Definir el Alcance 2. Crear la EDT/WBS
<b>Gestión del Tiempo del Proyecto</b>	1. Definir las Actividades 2. Secuenciar las Actividades 3. Estimar la Duración de las Actividades 4. Desarrollar el Cronograma
<b>Gestión de los Costos del Proyecto</b>	1. Estimar los Costos 2. Determinar el Presupuesto
<b>Gestión de la Calidad del Proyecto</b>	1. Planificar la Gestión de la Calidad
<b>Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto</b>	1. Planificar la Gestión de los Recursos Humanos
<b>Gestión de las Comunicaciones del Proyecto</b>	1. Planificar la Gestión de las Comunicaciones
<b>Gestión de los Riesgos del Proyecto</b>	1. Identificar los Riesgos 2. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 3. Planificar la Respuesta a los Riesgos
<b>Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</b>	Planificar la Gestión de las Adquisiciones
<b>Gestión de los Interesados del Proyecto</b>	Planificar la Gestión de los Interesados

**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 61 p. Modificada por los autores.

Para la evaluación de alternativas de pozo exploratorio es necesario determinar el alcance del proyecto en el grupo de procesos de planificación, donde se establecen las restricciones del proyecto, además la determinación del alcance es una entrada fundamental para el desarrollo de procesos de las otras áreas del conocimiento, debido a que el resultado de este proceso es la generación de la estructura detallada del trabajo (EDT).

A continuación se presentan los fundamentos teóricos establecidos por el PMI para el proceso de determinación del alcance, posteriormente se presenta las restricciones del proyecto, luego se presenta la evaluación de las alternativas del pozo exploratorio y se determina aquella que cumple con las restricciones expuestas.

### 3.1 DETERMINACIÓN DEL ALCANCE

La definición del alcance, como lo estructura el PMI<sup>71</sup>, es un proceso en el cual se realiza una descripción detallada del proyecto, con el fin de establecer los límites del mismo, mediante entradas al proceso, las cuales serán tratadas haciendo uso de herramientas y técnicas que darán como resultados las salidas del proceso, a continuación serán enunciados estos componentes del proceso.

En la **Figura 18.**, se ilustra el diagrama de flujo de datos como determina el PMI<sup>72</sup>, donde se relacionan las entradas, salidas, técnicas y herramientas de este proceso.

- **Entradas del proceso:**

- Plan de gestión del alcance: establece la información necesaria para desarrollar, monitorear y controlar el proyecto.
- Acta de constitución del proyecto: proporciona una descripción a un alto nivel del proyecto.
- Documentación de requisitos: describe los requisitos que cumplen con las necesidades del proyecto.

- **Técnicas y herramientas:**

- Juicio de expertos: se utiliza para la elaboración del enunciado del alcance y ultimar detalles técnicos a partir del análisis de información relevante, lo realizan personas con conocimiento en el tema de interés.
- Generación de alternativas: consiste en el desarrollo de diferentes opciones para brindar variedad de enfoques en la ejecución de un proyecto.
- Talleres facilitados: consiste en la reunión de los interesados, con el fin de conocer lo que busca cada uno de ellos con la realización del proyecto.

- **Salidas del proceso:**

- Enunciado del alcance del proceso: describe el alcance detallado, los entregables del proyecto, criterios de aceptación de los éstos, los supuestos

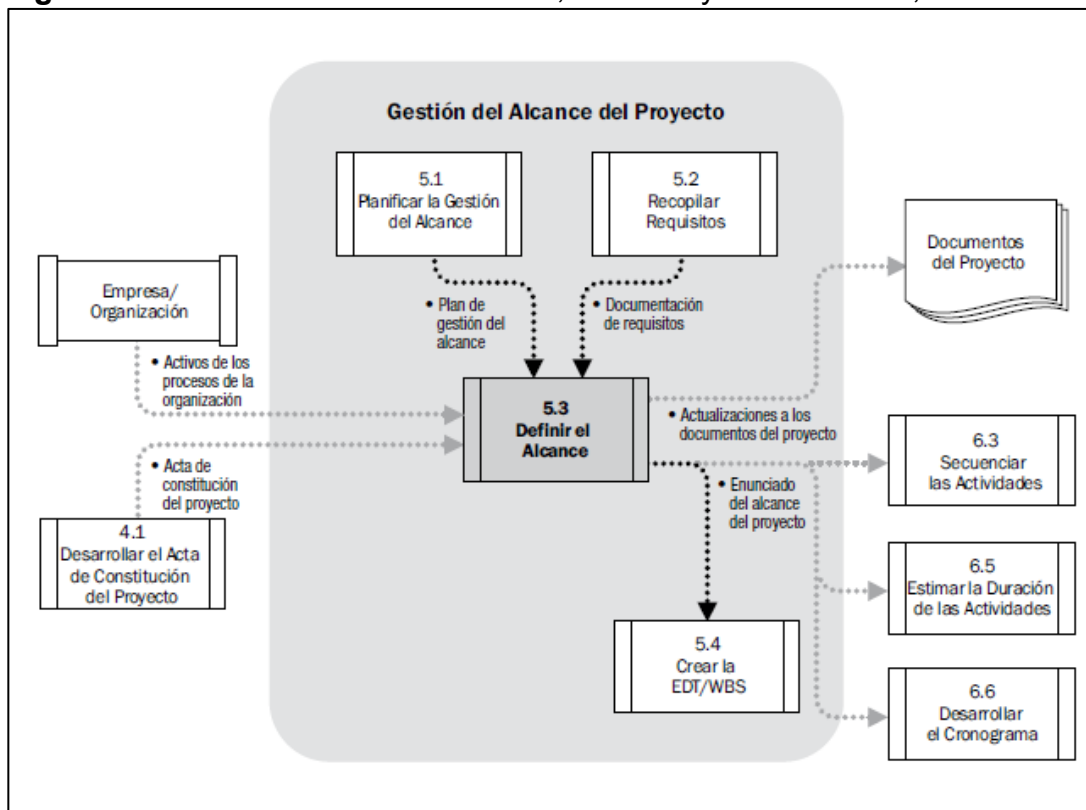
---

<sup>71</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Op. Cit., p.120.

<sup>72</sup> *Ibíd.*, p. 121-124.

y restricciones del proyecto, mientras más detallado sea el enunciado del proyecto, mayor control podrá ejercer el equipo de dirección sobre este.

**Figura 18.** Definir el alcance: Entradas, técnicas y herramientas, salidas



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 120 p.

**3.1.1 Definición del alcance del proyecto.** Con el fin de establecer el alcance del proyecto, a partir de las técnicas y herramientas que establece el PMI, se hizo uso de información técnica adquirida por CEPESA, en lugar del acta de constitución del proyecto, la cual permitió dar una descripción detallada del proyecto que CEPESA realizó, junto con las restricciones del mismo, esto se presenta a continuación a partir del enunciado del alcance del proyecto.

**3.1.1.1 Enunciado del alcance del proyecto.** El proyecto consiste en la perforación de un pozo en el Bloque Puntero en el Departamento del Casanare, Municipio de Maní, con el fin de probar la acumulación de hidrocarburos en un estrato de arenisca cuarzosa que cuenta con alrededor de 300 pies de espesor, posteriormente llevar a cabo su completamiento como pozo productor, y realizar

las obras correspondientes para la construcción de una línea de flujo que lleve los fluidos que se puedan producir a las facilidades existentes en el Campo Fénix, esto en caso de comprobar la acumulación, de no probar acumulación se establecen operaciones de abandono del pozo.

**3.1.2 Evaluación de alternativas.** Para evaluar las alternativas de pozo exploratorio se presentan definiciones asociadas a la perforación de pozos, describiendo las características de los tipos encontrados en la literatura y se presentan como alternativas para la perforación de Fénix Sur.

**3.1.2.1 Definiciones.** Se entiende como perforación de un pozo, la construcción de una estructura que conecta la superficie con el yacimiento, donde están atrapados los hidrocarburos, esta construcción una vez finalizada lleva el nombre de pozo, para poder llevar a cabo dicha construcción, es necesario movilizar y armar equipos especializados al lugar donde se realiza el pozo, este lugar debe ser accesible, es necesario previo a las operaciones de movilización y arme de los equipos, la construcción de vías de acceso.

El lugar en el cual se realiza la perforación debe ser acondicionado por medio de obras civiles para lograr tener un área suficiente, que resista el peso de los equipos y materiales, este sitio recibe el nombre de locación.

Debido a dificultades en la obtención de permisos para realizar un pozo que encuentre su objetivo en una trayectoria vertical, o por la presencia de obstáculos en el subsuelo, o por razones económicas u operaciones específicas, el pozo puede ser direccional, el cual es construido por herramientas específicas que permiten el desvío del pozo a lo largo de su trayectoria.

Es necesario identificar ciertos conceptos que permiten llevar a cabo la perforación de un pozo:

- **Profundidad medida (MD, Measured Depth):** “distancia entre dos puntos en la trayectoria del pozo. Se mide en pies o metros”<sup>73</sup>.
- **Profundidad verdadera (TVD, True Vertical Depth):** “distancia sobre el eje vertical entre dos puntos. Se mide en pies o metros”<sup>74</sup>.
- **Punto de inicio del desvío (KOP, Kick Off Point):** “profundidad donde se empieza a construir ángulo, o a desviar el pozo. Se mide en pies o metros”<sup>75</sup>.

---

<sup>73</sup> ILLANES, Javier. Módulo de Perforación Direccional. México D.F.: PEMEX, 2008. p.13.

<sup>74</sup> *Ibíd.*, p.13.

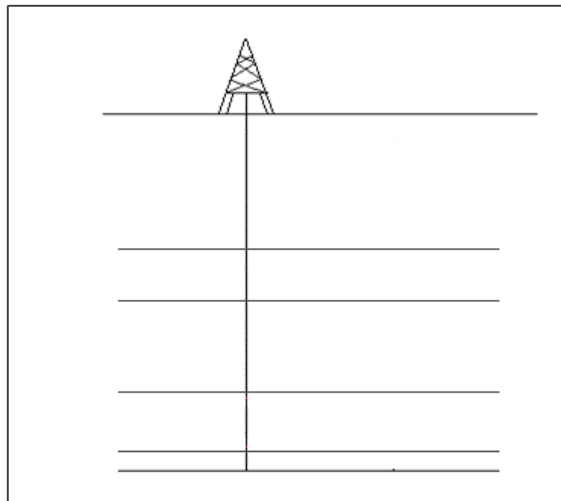
<sup>75</sup> *Ibíd.*, p.14.

- **Angulo de inclinación:** “ángulo del pozo con respecto al eje vertical. Se mide en grados.”<sup>76</sup>
- **Tasa de construcción de ángulo:** “cantidad de grados que aumenta la inclinación por unidad de longitud. Se mide en grados por cada 100 pies”<sup>77</sup>.
- **Coordenadas:** “ubicación de un punto en la trayectoria del pozo o de la locación”<sup>78</sup>, para este estudio el sistema coordinado a utilizar es Magna Sirgas Bogotá.

**3.1.2.2 Tipos de Pozo.** Los pozos se pueden clasificar de acuerdo a su geometría de la siguiente forma:

- **Vertical:** “es aquel que describe una trayectoria recta lo más semejante posible al eje vertical del punto de inicio o locación”<sup>79</sup>. En la **Figura 19**, se presenta un ejemplo de un pozo vertical desviado de su eje.

**Figura 19.** Ejemplo de pozo vertical



- **Tangencial:** “este tipo de pozo es aquel que describe una trayectoria vertical hasta alcanzar el KOP, desde este punto realiza una sección de construcción de ángulo hasta lograr una inclinación y alcance el objetivo con dicha inclinación”<sup>80</sup>. La inclinación con la que este pozo alcanza el objetivo

<sup>76</sup> *Ibíd.*, p.15.

<sup>77</sup> *Ibíd.*, p.15.

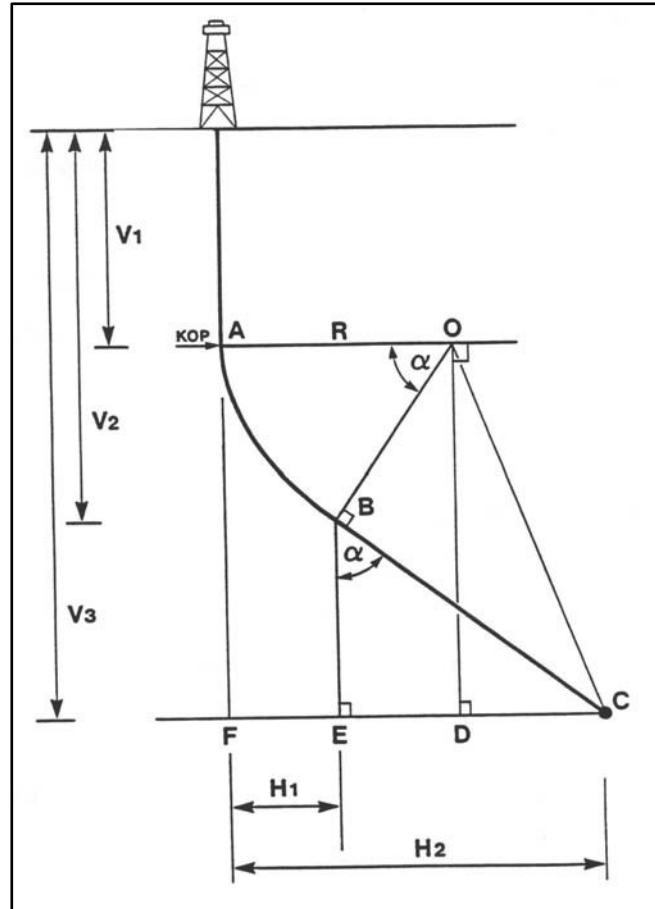
<sup>78</sup> *Ibíd.*, p.15.

<sup>79</sup> *Ibíd.*, p.16.

<sup>80</sup> *Ibíd.*, p.17.

supondría limitación para abrir un área considerable a flujo a través del intervalo productor, o construir una sección horizontal. Ver **Figura 20**.

**Figura 20.** Pozo tipo tangencial



**Fuente:** A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO. Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 33 p.

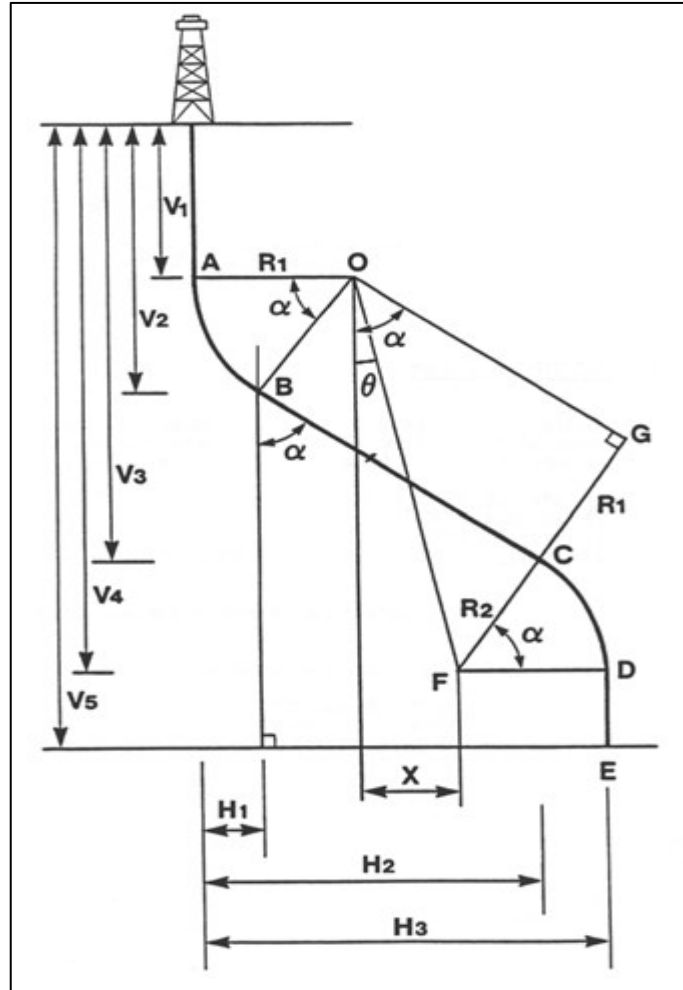
- **Tipo S:** “similar al tangencial, este tipo de pozo describe la misma trayectoria hasta la sección inclinada, en la cual realiza otra sección de construcción de ángulo pero en el sentido contrario al de la primera, llegando a cero en algunos casos”<sup>81</sup>. Este perfil aumenta considerablemente la profundidad

<sup>81</sup> *Ibíd.*, p.18.



medida (MD), lo que supone un aumento en sus costos de cementación y completamiento. , además de tener las mismas limitantes que el pozo tangencial en cuanto al área para abrir a flujo Ver **Figura 21**.

**Figura 21.** Pozo tipo S

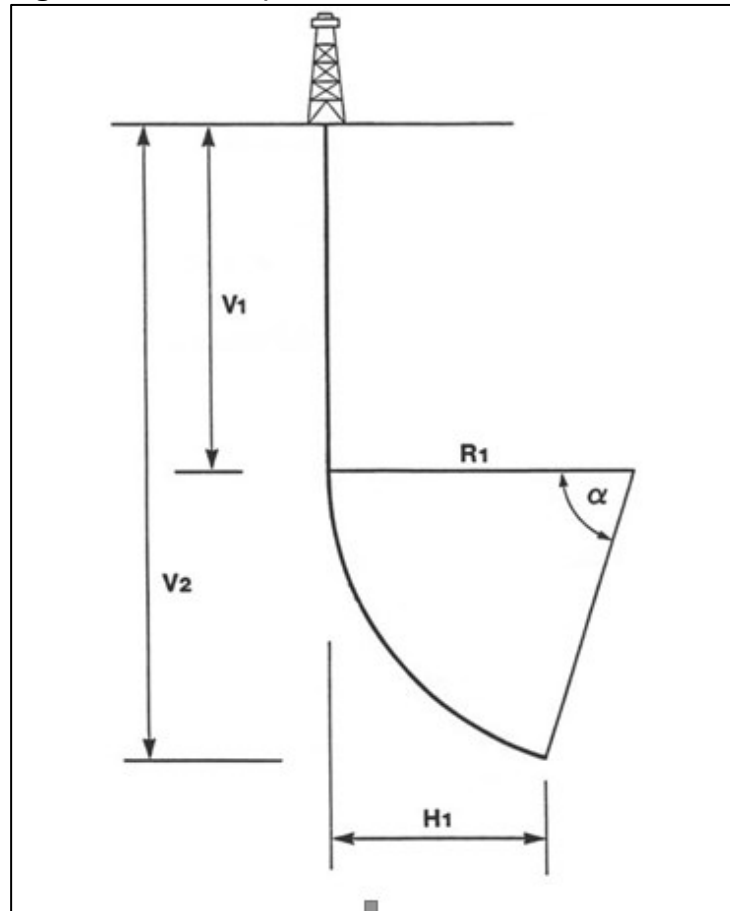


Fuente: A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO. Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 36 p.

- **Tipo J:** “este pozo describe una trayectoria vertical hasta alcanzar el KOP y el objetivo por medio de una sección de construcción de ángulo”<sup>82</sup>. Este perfil podría ser una buena alternativa de acuerdo con el alcance del proyecto. Ver **Figura 22**.

<sup>82</sup> *Ibíd.*, p.17.

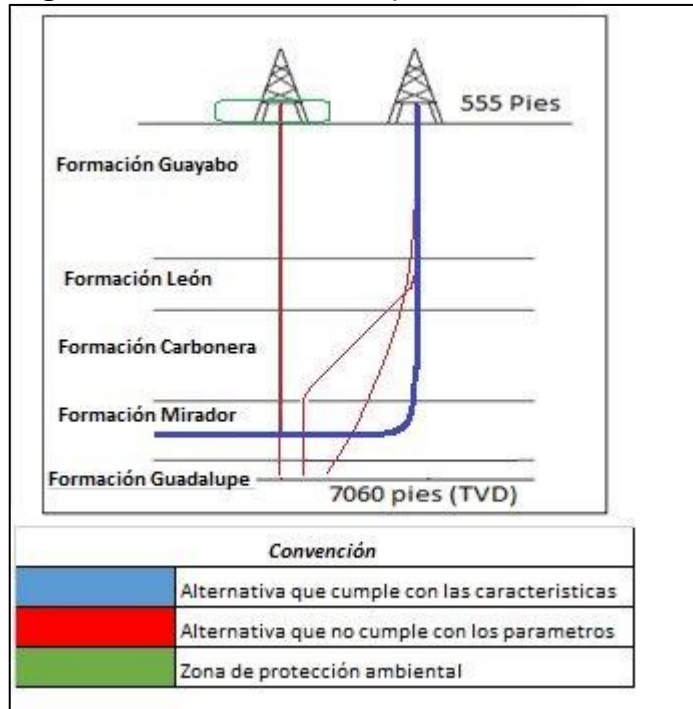
**Figura 22.** Pozo tipo J



**Fuente:** A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO. Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 36 p.

**3.1.1.3 Selección de alternativa.** Mediante los perfiles anteriormente descritos se presentan las consideraciones positivas y negativas para cada una de estas, con el fin de seccionar aquella que cumpla con las restricciones del alcance, en la **Figura 23** se observan las alternativas planteadas.

**Figura 23. Alternativas de pozo**



Para el perfil vertical, se identifica que es la forma más sencilla de comprobar la acumulación, aunque no se puede realizar en las coordenadas del objetivo debido a que estas se encuentran en una zona de protección ambiental.

En el perfil tangencial se aumenta la profundidad medida a uno vertical, este pozo alcanza el objetivo con un ángulo de inclinación, lo que dificulta la construcción de una sección horizontal a través del estrato.

El perfil tipo "J", es un buen candidato para comprobar la acumulación y posteriormente realizar la sección horizontal a través del estrato, aunque aumenta los costos respecto a la perforación vertical para probar la acumulación.

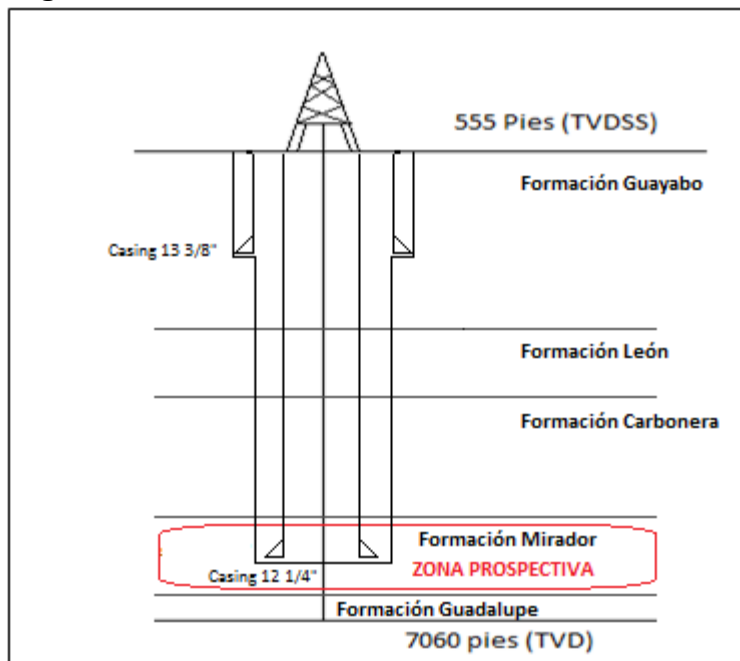
Para el perfil en "S", se alcanza el objetivo de forma vertical, por lo tanto se dificulta la perforación de la sección horizontal y aumenta considerablemente la profundidad medida, por ende los costos para probar la acumulación, también aumenta la probabilidad de pega diferencial debido a los cambio de ángulo en su trayectoria.

Aquí inicia la integración de procesos, debido a que se realiza un reconocimiento inicial para la confirmación en campo de la alternativa principal, de las que se presentaron se tiene como la más viable el pozo tipo "J" debido a que es el único perfil que permite realizar una sección horizontal a través del estrato aunque se tiene demasiada incertidumbre con esta alternativa debido al desconocimiento de

si existe la acumulación de hidrocarburo, debido a esto, para el proyecto se definió la perforación vertical de un pozo exploratorio a 2500 ft de las coordenadas del objetivo en subsuelo, como una primera fase, este pozo tiene como objetivo reducir la incertidumbre de la acumulación y así poder tener claridad de si realizar o no la perforación de la fase de desarrollo tipo “J” con sección horizontal y línea de flujo..

El perfil del pozo vertical como lo muestra la **Figura 24**, está compuesto por la profundidad del objetivo a 7060 pies, localizado en coordenadas 998352.09 metros este, 1213165.17 metros norte, Datum Magna Sirgas Bogotá. La perforación se realiza en dos fases, 17 ½” y 12 ¼” ,

**Figura 24.** Perfil de Pozo Fénix Sur



Luego participaron en este reconocimiento inicial interesados internos, que son las áreas de la compañía afines al proyecto como obras civiles, coordinación de perforación, la coordinación de responsabilidad integral, la coordinación de evaluación y desarrollo de subsuelo, se evalúan todos los aspectos relevantes de cada alternativa y se selecciona la más factible, la perforación de un pozo desviado tipo “J”. La coordinación de evaluación y desarrollo de subsuelo, valido que esta es la mejor opción para la segunda fase de la perforación, debido a que se tendría mayor área de flujo para la producción.

En resumen, la perforación se desarrolla en dos fases distintas, un pozo exploratorio inicial y pozo desviado de desarrollo, esto se realiza con el objetivo de reducir el riesgo asociado de no encontrar acumulación de hidrocarburos. Si en la perforación del pozo exploratorio inicial, por medio de la herramienta LWD (logging while drilling), no se comprueba la acumulación de hidrocarburos se realizan actividades de tapón y abandono. En caso contrario a partir de altas resistividades medidas en el estrato, e identificando el contacto con el agua connata, además de realizar el abandono del pozo piloto, se construye la sección horizontal del pozo a lo largo del estrato productor.

La perforación del pozo desviado de desarrollo comprende la sección de 12 ¼”, que se denomina sección de desarrollo, con de la perforación de la fase de 8 ½”. Para su completamiento se planea el uso mallas con tubería de producción y una bomba electro sumergible (ESP), como método de levantamiento artificial.

- Parámetros de perforación del pozo: A continuación se presentan cálculos preliminares para la perforación pozo tipo “J”,

Teniendo en cuenta la distancia de 2537.72 ft se procede a hallar el ángulo de curvatura con la **Ecuación 1**, de la siguiente manera:

<b>Ecuación 1. Ángulo de curvatura</b>
$\phi = 2 * \text{Tan}^{-1} * \left( \frac{2537.72}{7060 - 2700} \right)$
<b>Fuente:</b> A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO. Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 37p.

$$\phi = 2 * \text{Tan}^{-1} * \left( \frac{2537.72}{7060 - 2700} \right)$$

$$\phi = 60.43^\circ$$

A partir del ángulo de curvatura se procede a calcular el radio de curvatura, por medio de la **Ecuación 2**.

<b>Ecuación 2. Radio de curvatura</b>
$Rb = \frac{d}{1 - \cos\phi}$
<b>Fuente:</b> A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO. Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 37 p.

$$Rb = \frac{2537.72 \text{ ft}}{1 - \cos(60.43^\circ)}$$

$$Rb = 5010.17 \text{ ft}$$

Para poder hallar la longitud del pozo, primero es necesario obtener la longitud de la sección construida, utilizando la **Ecuación 3**.

<b>Ecuación 3. Longitud de sección construida</b>
---

$L = \frac{\pi}{180} * Rb * \phi$
-----------------------------------

<b>Fuente:</b> A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO. Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 36 p.
---

$$L = \frac{\pi}{180} * 5010.17 \text{ pies} * 60.43^\circ$$

$$L = 5284.24 \text{ Pies}$$

$$MD = KOP + L$$

$$MD = 2700 \text{ pies} + 5284.24 \text{ pies}$$

$$MD = 7984.24 \text{ pies}$$

Finalmente es posible conocer la tasa de construcción de ángulo con lo anteriormente obtenido, mediante la **Ecuación 4**.

<b>Ecuación 4. Tasa de construcción de ángulo.</b>
--

$q = \frac{180}{\pi * Rb}$
----------------------------

<b>Fuente:</b> A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO. Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 36 p.
---

$$q = \frac{180}{\pi * 6241.41 \text{ pies}}$$

$$q = 0.9180^\circ/\text{pie}$$

### 3.2 GENERACIÓN DE LA ESTRUCTURA DETALLADA DEL TRABAJO

“La generación de la estructura detallada del trabajo, es un proceso que se define como una descomposición jerárquica del trabajo a realizar, con el fin de establecer los entregables del proyecto y cumplir con los objetivos del mismo.”<sup>83</sup>

Al igual que todos los procesos establecidos por el PMI<sup>84</sup>, está compuesto por entradas, técnicas y herramientas, y salidas, a continuación se enuncian estos componentes, que se pueden observar en la **Figura 25**.

Entradas al proceso:

- Plan de gestión del alcance.
- Enunciado del alcance del proyecto.
- Documentación de requisitos.
- Factores ambientales de la empresa.
- Activos de los procesos de la organización.

Técnicas y herramientas:

- Descomposición: consiste en dividir y subdividir el alcance del proyecto y los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables.
- Juicio de expertos

Salidas:

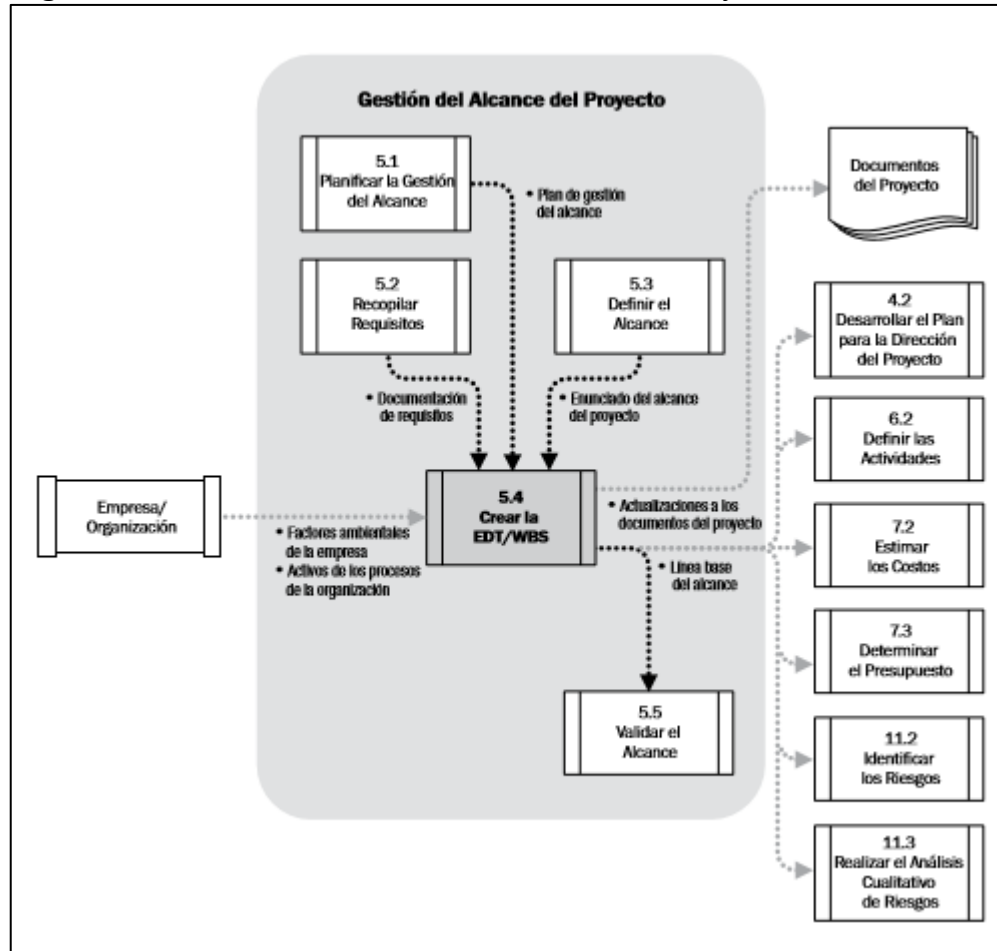
- Estructura detallada del trabajo
- Actualizaciones a los documentos del proyecto

---

<sup>83</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Op. Cit., p. 126.

<sup>84</sup> *Ibíd.*, p. 127-132.

**Figura 25.** Crear a EDT/WBS: Entradas, técnicas y herramientas.



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 125 p.

Mediante el uso de las entradas y a partir de técnicas y herramientas, como por ejemplo: enunciado del alcance y documentación de requisitos, descomposición y juicio de expertos respectivamente se identifica la jerarquía en la cual se realizará la estructuración detallada del proyecto, en dicha organización no importa el orden en el cual se establecen los entregables de cada nivel, debido a que no es finalidad de este proceso entregar el orden del trabajo, sino identificar la totalidad de las actividades a realizar(entregables).

En el primer nivel se encuentra el entregable principal del proyecto el cual es la perforación del Pozo Fénix Sur.

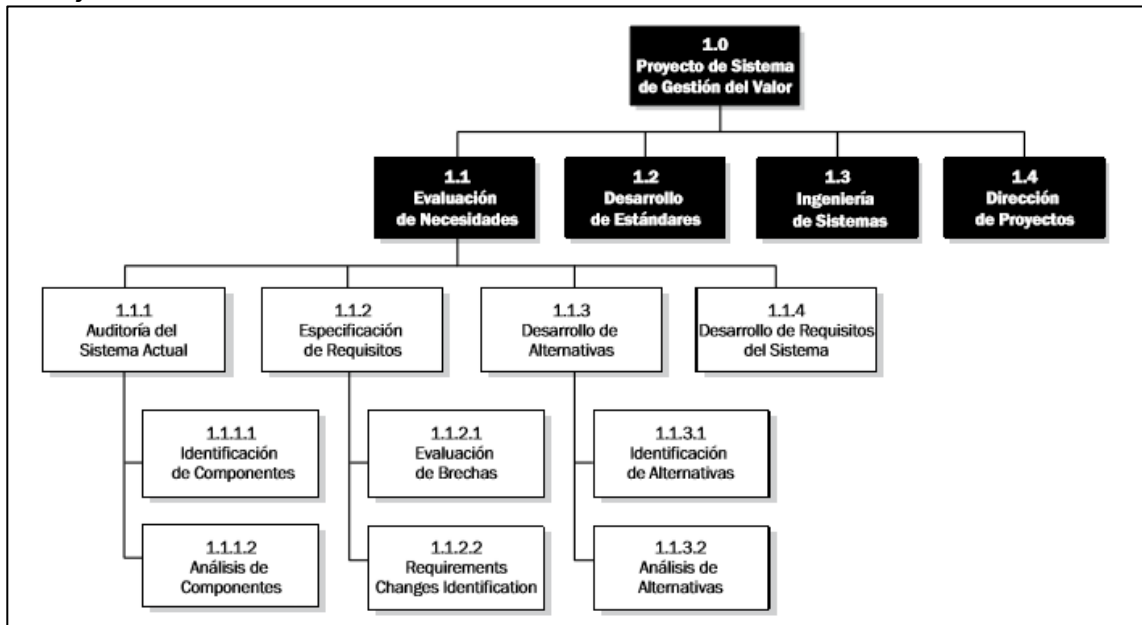


En el segundo nivel se establecen los entregables que harán posible la finalización del entregable de primer nivel los cuales son: obras civiles, ambientales, contratación, perforación, línea de flujo.

En el tercer nivel, están contenidos los entregables específicos que darán lugar al cumplimiento de las actividades de segundo orden, desprendiéndose cada una de estas de una del nivel superior y siendo requisito únicamente de ese orden en específico, por ejemplo: para el entregable de segundo nivel, obras civiles, se desprenden entregables como el diseño y las construcción, los cuales únicamente son requisitos para ejecutar la actividad de orden superior, obras civiles y no tienen relación con otros entregables de segundo nivel.

A continuación se presenta un ejemplo de la estructuración detallada del trabajo. (Ver **Figura 26.**)

**Figura 26.** Ejemplo de una EDT/WBS desglosada hasta el nivel de paquetes de trabajo



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 129 p.

En el **Anexo A**, se puede observar la estructura detallada del proyecto.

## 4. GENERACIÓN DE MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS.

La finalidad de este capítulo es identificar las amenazas que puedan tener un impacto negativo y directo en los tiempos de las actividades del cronograma y los costos de las mismas, cualificándolos a partir de su probabilidad de ocurrencia, y su nivel de impacto una vez estos se materialicen. Con el propósito de establecer el plan de gestión cada riesgo identificado, se elaboró una matriz de evaluación.

Para poder llevar a cabo la generación de la matriz de evaluación de riesgos, es necesario desarrollar previamente ciertos procesos en las áreas del conocimiento de tiempos y costos, los cuales son realizados a continuación.

### 4.1 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DEL PROYECTO

La guía PMBOK<sup>85</sup>, establece la gestión del tiempo como: agrupación de procesos requeridos para gestionar la terminación en plazo del proyecto, la guía también establece siete procesos, los cuales se relacionan entre sí y con otras áreas del conocimiento.

La finalidad de este numeral es desarrollar el cronograma detallado del proyecto, por medio de la utilización precisa de tres procesos establecidos por el PMI, los cuales son: definir las actividades, estimar la duración de las mismas y desarrollar el cronograma.

**4.1.1 Definir las actividades.** Como establece el PMI<sup>86</sup> en el PMBOK, el proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para generar los entregables del proyecto.

El principal beneficio que ofrece este proceso es el desglose de los paquetes de trabajo en actividades que proporcionan la base para la estimación, programación y ejecución del trabajo del proyecto.

De las entradas descritas para este proceso por el PMI<sup>87</sup> en el PMBOK, se hicieron uso de las siguientes:

- Línea base del alcance: son los entregables, los supuestos y restricciones que se deben tener en cuenta de manera explícita.
- Factores ambientales de la empresa: se debe tener en cuenta:

---

<sup>85</sup> *Ibíd.*, p.131.

<sup>86</sup> *Ibíd.*, p.149.

<sup>87</sup> *Ibíd.*, p.150-151.

- Información comercial almacenada en bases de datos comerciales
- El sistema de información para la dirección de proyectos.
- Activos de los procesos de la organización: pueden influir en el proceso
- Definir actividades:
  - Base de conocimiento de lecciones aprendidas de proyectos anteriores con similares características.
  - Procesos estandarizados.
  - Plantillas que contengan una lista de actividades estándar.

Las técnicas y herramientas utilizadas en este proceso son:

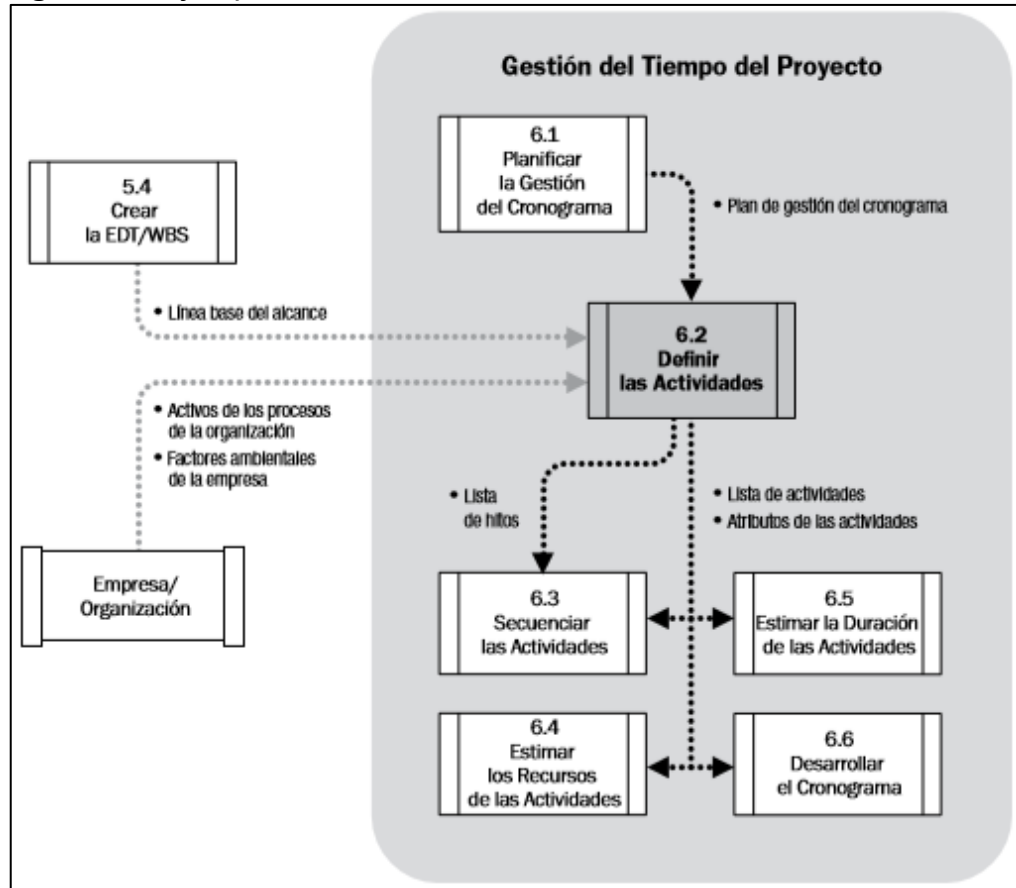
- Descomposición.
- Juicio de expertos.

Las salidas de este proceso son:

- Lista de actividades: es una lista exhaustiva que incluye todas las actividades necesarias para el proyecto.
- Lista de hitos: son un punto o evento significativo dentro del proyecto, el cual no presenta duración, tan solo es un momento en el tiempo.

En la **Figura 27**, se observa el diagrama de flujo de datos completo del proceso anteriormente descrito.

**Figura 27.** Ejemplo de una EDT/WBS



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. p.161.

Con los entregables definidos en la estructura detallada del trabajo, se definen las actividades para el proyecto de perforación del Pozo Fénix- sur, teniendo como entradas la línea base del alcance, factores ambientales de la empresa como, base de datos comerciales y los activos de los procesos de la organización.

Partiendo de las entradas se identificó un listado de actividades estandarizadas para la perforación de un pozo exploratorio, y adicionalmente otras que son específicas del tipo de pozo que se va a perforar, de acuerdo a las restricciones planteadas en el enunciado del alcance del proyecto, estas actividades se presentan a continuación, agrupadas por entregables de segundo nivel.

Para el entregable de obras civiles, el cual consiste en la construcción de la locación y la vía de acceso a esta, se identificaron las actividades contenidas en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Actividades de Obras Civiles

Obras civiles
Diseños
Diseño de locación
Diseño de vías
Construcción
Construcción de la vía (0.84 ha)
Localización
Movimiento de tierras
Obras de arte
Construcción de la locación (800 m)
Construir el cellar
Placa de taladro
Placa de químicos
Dique de diésel
Cunetas
Trampas de arena
Trampas de aceite

El entregable ambiental, consiste en la elaboración del plan de manejo ambiental, y la socialización del mismo ante la comunidad interesada en la realización del proyecto, las actividades para finalizar este entregable se puede observar en la **Tabla 5.**

**Tabla 5.** Actividades ambientales

Ambientales
Estudios PMA
Monitoreo de aguas calidad de ruido
Elaboración del PMA
Radicación en corporación autónoma regional
Socialización
Interventoría social

La presentación de las actividades del entregable de perforación se lleva a cabo a partir de los entregables de tercer nivel, debido a que este presenta una elevada cantidad de actividades.

Para el entregable de pre-operativo, el cual consiste en el cumplimiento de requisitos necesarios para iniciar las operaciones de perforación, se identificaron las actividades contenidas en la **Tabla 6.**

**Tabla 6.** Actividades de pre operativos

Pre operativos
Diseño del pozo Programa de pozo Forma 7CR

El entregable movilización y arme, consiste en el movimiento y ensamble de los equipos requeridos para realizar la perforación del pozo a la locación, las actividades para este entregable se encuentran contenidas en la **Tabla 7.**

**Tabla 7.** Actividades de movilización y arme

Movilización y arme
Movilización Arme

Las actividades del entregable de perforación y registros se pueden observar en las **Tabla 8., Tabla 9., Tabla 10., Tabla 11., y Tabla 12.** Este entregable consiste en la operación de perforación del pozo y la toma de registros, con el fin de comprobar la acumulación de hidrocarburo.

**Tabla 8.** Perforación y Registros, Perforación Fase 17 1/2".

Perforación y registros
Perforación fase 17-1/2" Perforación(32 a 1200 ft) Viaje de acondicionamiento Circulación POOH (sarta 17 -1/2") RIH(Revestimiento 13-3/8") Circulación Cementación fase superior WOC (Waiting On Cement) fase superior Soldadura primera sección Instalación BOP'S Rig up herramientas direccionales RIH(sarta fase de 12-1/4") BHA #.2 Prueba integridad revestimiento 13 3/8"

**Tabla 8** (continuación)

Perforación y registros
Circulación cambio de fluido
Prueba integridad Formación Guayabo

**Tabla 9.** Perforación y Registros, Perforación Fase 12 ¼" (Exploratorio)

Perforación y registros
Perforación fase 12-1/4"(exploratorio)
Perforación(1255 a 3600 ft)
Circulación
POOH (sarta 12-1/4") BHA#2
RIH (sarta 12-1/4" direccional) BHA#3
Circulación
POOH (sarta 12-1/4" direccional)BHA#3
Recuperar información LWD
Quebrar herramientas direccionales
Cambio de configuración BHA
RIH (sarta 12-1/4" direccional)BHA#3
Perforación(3600 a 6000 ft)
Circulación
Viaje de control
Circulación
Perforación(6000 a 9000 ft)
Circulación
Viaje de control
Circulación
POOH (sarta 12-1/4" direccional)BHA#3
Recuperar información LWD
Quebrar herramientas direccionales

**Tabla 10.** Perforación y Registros, Abandono Hueco Exploratorio

Perforación y registros
Abandono hueco exploratorio
Acondicionar mesa, cambiar elevador de 5" por 3-1/2"
Medir, calibra y bajar DP de 3-1/2" con BHA a fondo para bombeo de tapón
Reunión pre operacional bombeo de tapón
Balaceo de tapón de abandono hueco piloto
R/D líneas de superficie, POOH sarta a +/- 500 ft
POOH
Bombear píldora abrasiva y circular
Sacar sarta superficial

**Tabla 10** (continuación)

Perforación y registros
Cambiar elevador y retirar wear bushing
Reunión pre operacional para pruebas BOP'S
Rig up BHA, RIH verificar TOC, POOH
Rig up y RIH BHA, para bombeo de segundo tapón

**Tabla 11.** Perforación y Registros, Perforación de Fase 12 ¼" (Desarrollo)

Perforación y registros
Perforación fase 12-1/4"(desarrollo)
Rig up herramientas direccionales
RIH (sarta 12-1/4" direccional)#3
Circular cambio de fluido
Perforación(2700 a 6000 ft)
Circulación
Viaje de control
Circulación
POOH (sarta 12-1/4" direccional)#3
Recuperar información LWD
Quebrar herramientas direccionales
Cambio de configuración BHA
RIH (sarta 12-1/4" direccional)#3
Perforación(6000 a 9000 ft)
Circulación
Viaje de control
Circulación
POOH (sarta 12-1/4" direccional)#3
Recuperar información LWD
Quebrar herramientas direccionales
RIH(revestimiento 9-5/8")
Circulación
Cementación y R/D líneas
WOC (Waiting on cement) más instalación cabezal
Instalación BOP'S
Rig up herramientas direccionales
RIH (sarta 8-1/2" direccional)#4
Drill out y cambio de fluido
Prueba SBT



**Tabla 12.** Perforación y Registros, Fase 8 1/2".

Perforación y registros
Perforación fase 8-1/2"
Perforación(9600 a 10600 ft)
Circulación
POOH (sarta 8-1/2" direccional)#4
Circulación
POOH (Sarta 8-1/2" direccional)#4
Recuperar información LWD
Quebrar herramientas direccionales

La finalización del entregable de completamiento depende del cumplimiento de las actividades observadas en la **Tabla 13**. Este entregable consiste en las operaciones de finalización del pozo, para llevar los fluidos desde subsuelo hasta superficie.

**Tabla 13.** Actividades de completamiento

Completamiento
Viaje de sarta de limpieza con scraper 9-5/8"
Corrida de malla, más tratamiento
Completamiento superficie

Para el entregable de línea de flujo, el cual consiste en la construcción de una tubería que lleve los fluidos que se puedan producir en el pozo, a las facilidades de producción existentes, se identificaron las actividades contenidas en la **Tabla 14**.

**Tabla 14.** Actividades de línea de flujo

Línea de flujo
Diseños
Ingeniería
Contratos y compras
Elaboración de pliegos tubería y válvulas
Aprobación para licitación tubería y válvulas
Lanzamientos licitación tubería y válvulas
Recibo de ofertas tubería y válvulas

**Tabla 14** (continuación)

Línea de flujo
Evaluación técnica y económica tubería y válvulas
Aprobación de la adquisición tubería y válvulas
Informe del resultado al ganador tubería y válvulas
Suscripción y firma del contrato tubería y válvulas
Plazo de entrega tubería y válvulas
Elaboración de pliegos instrumentación
Aprobación para licitación instrumentación
Lanzamientos licitación instrumentación
Recibo de ofertas instrumentación
Evaluación técnica y económica instrumentación
Aprobación de la adquisición instrumentación
Informe del resultado al ganador tubería y válvulas
Suscripción y firma del contrato instrumentación
Plazo de entrega instrumentación
Adquisición de tierras
Instalación
Construcción

**4.1.2 Estimación de la duración de las actividades.** La guía PMBOK del PMI<sup>88</sup>, establece este proceso como la estimación de la cantidad de periodos de trabajo necesario para realizar las actividades individuales con los recursos estimados. El principal beneficio que ofrece este proceso, es que establece el tiempo necesario para finalizar cada una de las actividades, lo cual es una entrada fundamental para el desarrollo del cronograma.

La estimación de la duración de las actividades utiliza información del alcance del trabajo, los tipos de recursos necesarios, las cantidades de los mismos, y como todo proceso la guía PMBOK del PMI<sup>89</sup>, establece entradas a este proceso de las cuales se utilizaron las siguientes:

- Lista de actividades
- Enunciado del alcance del proyecto
- Factores ambientales de la empresa: los factores que intervienen en este proceso son :

<sup>88</sup> *Ibíd.*, p.165.

<sup>89</sup> *Ibíd.*, p.167-172.

- Las bases de datos de estimaciones de otras referencias.
- Las métricas de productividad.
- La información comercial publicada.
- La ubicación de los miembros del equipo.
- Activos de los procesos de la organización: los activos utilizados en este proceso son:
  - La información histórica relativa a la duración.
  - Los calendarios del proyecto.
  - La metodología de programación.
  - Las lecciones aprendidas.

Las técnicas y herramientas utilizadas en este proceso son:

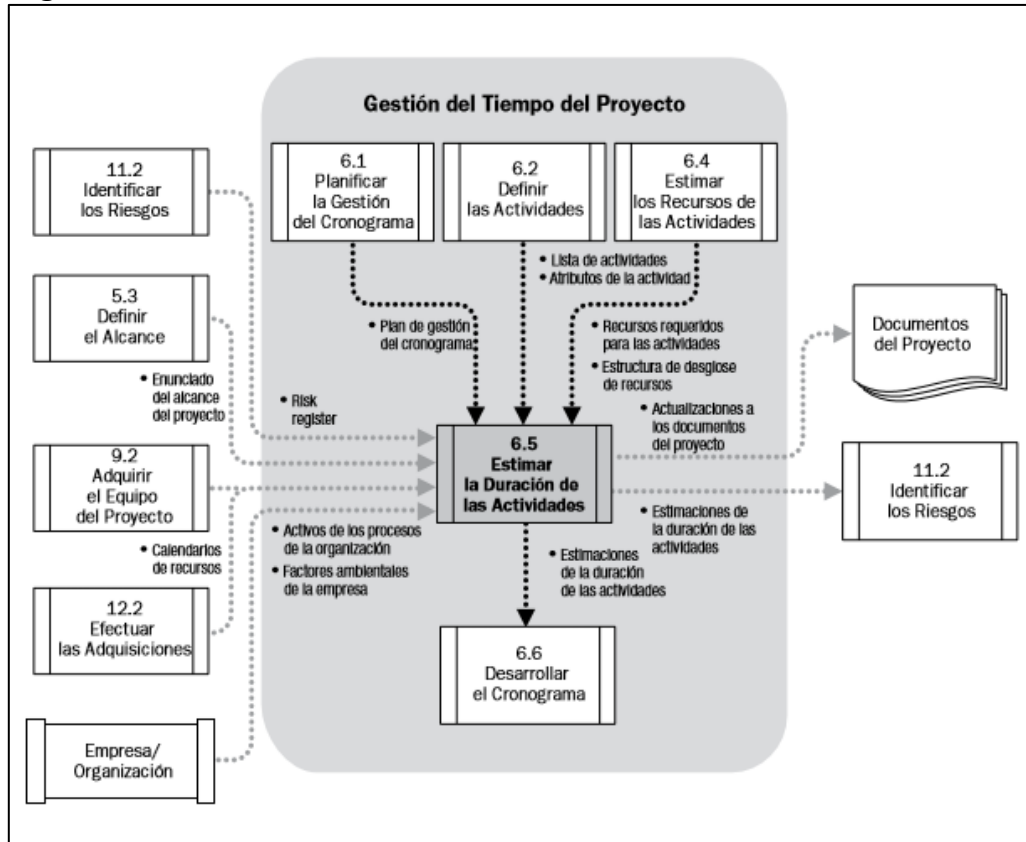
- Juicio de expertos
- Estimación análoga: consiste en estimar la duración o costo de una actividad a partir de datos históricos de proyectos similares.
- Estimación por tres valores: consiste en establecer valores a partir de un único valor, en el cual se establece un escenario pesimista y uno optimista partiendo de un escenario más probable.
- Técnicas grupales de toma de decisiones: consiste en enfoques grupales como tormenta de ideas, con el fin de involucrar a todo el equipo y mejorar la exactitud en la estimación.

Las salidas del proceso son:

- Estimación de la duración de las actividades.

En la **Figura 28**, se puede apreciar el diagrama completo del proceso anteriormente descrito.

**Figura 28.** Estimar la duración de las actividades



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. p.166.

**4.1.2.1 Estimación por Tres Valores.** Para el PMI<sup>90</sup>, la estimación por tres valores (ver **Ecuación 5**) tiene en cuenta la incertidumbre y el riesgo, hace parte de la Técnica de Revisión y Evaluación de Proyectos, PERT (Program Evaluation Review Techniques, siglas en inglés), se realiza por medio de la siguiente ecuación:

**Ecuación 5.** Distribución Beta, Técnica de Tres Valores

$$tE = \frac{tO + 4tM + tP}{6}$$

**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. p.171.

Donde,

<sup>90</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Op. Cit., p. 170-171.

$tE$ , es la duración esperada.

$tO$ , es el tiempo optimista, basado en el mejor escenario para la actividad.

$tM$ , es el tiempo probable, basado en expectativas realistas de la actividad.

$tP$ , es el tiempo pesimista, estimado en el peor escenario para la actividad.

Para utilizar esta técnica se utilizó otra herramienta descrita por el PMI, denominada el juicio de expertos, donde por medio de una encuesta (ver **Anexo C**) que tiene como objetivo evaluar el tiempo requerido para realizar la perforación de las tres secciones del pozo teniendo en cuenta los problemas operacionales descritos en la encuesta, tres profesionales con experiencia en la industria y en la perforación de pozos en la zona determinaron el tiempo optimista y pesimista, los profesionales son ingenieros de petróleos, con experiencia en la perforación de la estratigrafía identificada para el pozo, en la **Tabla 15** se muestra su nombre y su situación laboral actual.

**Tabla 15.** Expertos consultados para la Estimación por Tres Valores

No.	Profesional	CPIP	Área de desempeño
1	Daniel Becerra	2360	Ingeniero supervisor de perforación, CEPSA COLOMBIA
2	Carlos Bernal	4093	Ingeniero de fluidos, HALIBURTON- BAROID
3	Carlos Espinosa	5548	Docente de perforación, Fundación Universidad de América

Se les pregunto la duración de las actividades que muestra la **Tabla 16**.

**Tabla 16.** Actividades a estimar tiempos

Actividad
Perforación Sección 17-1/2"
Cementación fase anterior
Perforación 12-1/4" piloto
Abandono
Perforación 12-1/4" interés
Cementación anterior
Perforación 8-1/2" horizontal
Completamiento

Los tiempos más probables se toman de duración estimada para la perforación de un pozo cercano en el mismo Campo Fénix, como se puede ver en la **Tabla 17**

**Tabla 17.** Tiempos Estimados perforación Fénix-1

Actividad	Más Probable (días)
Perforación sección 17-1/2"	0.25
Cementación anterior	2.49
Perforación 12-1/4" piloto	13.32
Abandono	3
Perforación 12-1/4" interés	14.26
Cementación anterior	4.85
Perforación 8-1/2" horizontal	2.88
Completamiento	5.83

COORDINACIÓN DE PRODUCCIÓN CEPASA. Informe Campo Fénix 2016. CEPASA COLOMBIA 2016.

Los resultados de las encuestas se presentan en la **Tabla 18**.

**Tabla 18.** Resultado de las encuestas para estimación por tres valores

Actividad	Tiempo Pesmista (días)			Tiempo Optimista (días)			Más Probable (días)	Esperado (días)			Promedio del esperado (días)
	1	2	3	1	2	3		1	2	3	
Perforación Sección 17-1/2"	1.5	1	1.25	2.5	2	2.25	0.25	0.83	0.67	0.75	0.75
Cementación anterior	3.5	0.5	2	4	1	2.5	2.49	2.91	1.91	2.41	2.41
Perforación 12-1/4" piloto	10.5	6	8.25	12	9	10.5	13.32	12.63	11.38	12.01	12.01
Abandono	2.5	0.5	1.5	4	1	2.5	3	3.08	2.25	2.67	2.67
Perforación 12-1/4" interés	11.5	8	9.75	12	5	10	11.25	14.26	13.51	12.51	13.01
Cementación anterior	3.5	0.4	1.95	4	1	2.5	4.85	4.48	3.47	3.98	3.98
Perforación 8-1/2" horizontal	2.5	2	2.25	3.5	3	3.25	2.88	2.92	2.75	2.84	2.84
Completamiento	6	3	4.5	9	4	6.5	5.83	6.39	5.05	5.72	5.72

La presentación de la duración de las actividades se da a continuación mediante tablas, donde aparecen las actividades y su respectiva duración en días, todas

estas estimaciones, se realizaron utilizando como entrada, la lista de actividades y las técnicas, y herramientas descritas anteriormente.

Para el entregable de segundo orden, obras civiles, se utilizó estimación análoga a partir de proyectos realizado anteriormente por la compañía, estableciendo los tiempos observados en la **Tabla 19**.

**Tabla 19.** Duración de obras civiles

Obras civiles	
Actividad	Duración(días)
Diseños	
Vía	15
Locación	15
Construcción vía (0.84 ha)	
Localización	4
Movimiento de tierras	9
Cunetas	5
Construcción locación (800 m)	
Cellar	6
Placa de taladro	7
Placa de químicos	5
Dique de diésel	7
Cunetas	7
Trampa de arena	8
Trampa de aceites	8

La duración de las actividades contenidas en el entregable ambientales, se estimó de la misma manera que el de obras civiles, a partir de estimación análoga de proyectos anteriores, dando como resultado la información contenida en la **Tabla 20**.

**Tabla 20.** Duración de ambientales

Ambientales	
Actividad	Duración(días)
Monitoreo de aguas y calidad de ruido	20
Elaboración PMA	60
Radicación en corporación	1
Socialización	15
Interventoría social	15

De igual forma que en la definición de actividades, la duración del entregable de perforación se presenta a partir de los entregables de tercer nivel. Para el entregable movilización y arme se identificaron los tiempos contenidos en la **Tabla 21.**, a partir de estimación análoga.

**Tabla 21.** Duración de movilización y arme

Movilización y arme	
Actividad	Duración(días)
Movilización	5
Arme	11

A partir de estimación análoga se realizó la identificación de la duración de las actividades de pre operativos, las cuales se enuncian en la **Tabla 22.**

**Tabla 22.** Duración de movilización y arme

Pre operativos	
Actividad	Duración(días)
Diseño del pozo	8
Plan del pozo	10
Forma 7CR	20

La estimación de la duración de las actividades de la perforación del Pozo Fénix-Sur se realizó teniendo como entradas, el listado de las actividades, el enunciado del alcance del proyecto, factores ambientales de la empresa, principalmente: base de datos de estimaciones de otras referencias, y activos de procesos de la organización, únicamente: información histórica referente a la duración y el calendario del proyecto, como técnicas y herramientas, se tuvieron en cuenta: el juicio de expertos y la estimación por tres valores. Estas duraciones se presentan a partir de los entregables de cuarto nivel.

En la **Tabla 23.**, se puede apreciar las duraciones para las actividades de la sección de 17-1/2”.



**Tabla 23.** Duración sección 17-1/2"

Sección 17-1/2"	
Actividad	Duración(días)
Perforación(32 a 100 ft)	0,25
Perforación(100 a 1200 ft)	0,5
Viaje de acondicionamiento	0,24
Circulación	0,04
POOH (sarta 17-1/2")#1	0,13
RIH(Revestimiento 13-3/8")	0,50
Circulación	0,04
Cementación fase superior	0,05
WOC (Waiting on cement) fase superior	0,23
Soldadura primera sección	0,19
Instalación BOP'S	0,49
Rig up herramientas direccionales	0,23
RIH (sarta fase de 12-1/4") BHA#2	0,17
Prueba integridad revestimiento	0,02
Circulación cambio de fluido	0,07
Prueba integridad Formación Guayabo	0,02

Para el entregable sección de 12-1/4" piloto se identificaron las duraciones contenidas en la **Tabla 24.**

**Tabla 24.** Duración de sección 12-1/4" piloto

Sección 12-1/4" piloto	
Actividad	Duración(días)
Perforación(1255 a 3600 ft)	2,24
Circulación	0,06
POOH (sarta 12-1/4") BHA#2	0,16
RIH (sarta 12-1/4" direccional) BHA#3	0,13
Circulación	0,04
POOH (sarta 12-1/4" direccional) BHA#3	0,24
Recuperar información LWD	0,08
Quebrar herramientas direccionales	0,11
Cambio de configuración BHA	0,15
RIH (sarta 12-1/4" direccional)BHA#3	0,2
Perforación(3600 a 6000 ft)	3
Circulación	0,04

**Tabla 24** (continuación)

Sección 12-1/4" piloto	
Actividad	Duración(días)
Viaje de control	0,33
Circulación	0,08
Perforación(6000 a 9000 ft)	3,76
Circulación	0,04
Viaje de control	0,5
Circulación	0,08
POOH (sarta 12-1/4" direccional)BHA#3	0,62
Recuperar información LWD	0,05
Quebrar herramientas direccionales	0,11

Las duraciones de las actividades estimadas para el entregable de abandono se presentan a continuación en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.** Duración de abandono

Abandono	
Actividad	Duración(días)
Acondicionar mesa, cambiar elevador de 5" por 3-1/2"	0,04
Medir, calibra y bajar DP de 3-1/2" con BHA a fondo para bombeo de tapón	0,44
Reunión pre operacional bombeo de tapón	0,02
Balanceo de tapón de abandono	0,07
R/D líneas de superficie, POOH sarta a +/- 500 ft	0,04
Bombear píldora abrasiva y circular	0,04
Sacar sarta a superficie	0,19
Cambiar elevador y retirar wear bushing	0,04
Reunión pre operacional para probar BOP'S	0,02
Probar BOP'S	0,28
Rig up BHA, RIH verificar TOC, POOH	0,54
Rig up y RIH BHA, para bombeo de segundo tapón	0,96

Para el entregable de sección 12-1/4" desarrollo se estimaron los tiempos contenidos en la **Tabla 26**.

**Tabla 26.** Duración de sección de 12-1/4" desarrollo

Sección 12-1/4" desarrollo	
Actividad	Duración(días)
Rig up herramientas direccionales	0,21
RIH (sarta 12-1/4" direccional)#3	0,36
Circular cambio de fluido	0,06
Perforación(2700 a 6000 ft)	6,27
Circulación	0,04
Viaje de control	0,46
Circulación	0,08
POOH(sarta 12-1/4" direccional)#3	0,41
Recuperar información LWD	0,08
Quebrar herramientas direccionales	0,11
Cambio de configuración BHA	0,15
RIH (sarta 12-1/4" direccional)#3	0,34
Perforación(6000 a 9000 ft)	4,43
Circulación	0,04
Viaje de control	0,44
Circulación	0,07
POOH POOH(sarta 12-1/4" direccional)#3	0,56
Recuperar información LWD	0,07
Quebrar herramientas direccionales	0,07
RIH(revestimiento 9-5/8")	0,95
Circulación	0,14
Cementación y R/D líneas	0,07
WOC (Waiting on cement) más instalación cabezal	0,58
Instalación BOP'S	0,26
Rig up herramientas direccionales LWD	0,21
RIH (Sarta 8-1/2" direccional)#4	0,33
Drill out y cambio de fluido	0,15
Prueba SBT	0,03

Para la sección final del pozo, la cual se identifica como entregable de sección de 8-1/2", se estimaron las duraciones contenidas en la **Tabla 27**.

**Tabla 27.** Duración de sección de 8-1/2"

Sección de 8-1/2"	
Actividad	Duración(días)
Perforación(9600 a 10600 ft)	1,81
Circulación	0,06
POOH (Sarta 8-1/2" direccional)#4	0,12
Circulación	0,06
POOH (Sarta 8-1/2" direccional)#4	0,57
Recuperar información LWD	0,12
Quebrar herramientas direccionales	0,10

La estimación de la duración de las actividades para el entregable de tercer nivel de completamiento, se puede apreciar en la **Tabla 28**.

**Tabla 28.** Duración de completamiento

Completamiento	
Actividad	Duración(días)
Viaje de sarta limpieza con scraper de 9-5/8"	0,98
Corrida de malla más tratamiento	2,653
Completamiento superficie	2,21

Finalmente, para la estimación de la duración de las actividades para el entregable de segundo orden de línea de flujo, se hizo uso de estimación análoga, la cual arroja como resultado los datos contenidos en la **Tabla 29**.

**Tabla 29.** Duración línea de flujo

Línea de flujo	
Actividad	Duración(días)
<b>Diseño</b>	
Ingeniería	32
<b>Contratos y compras</b>	
Elaboración de pliegos tubería y válvulas	15
Aprobación para licitación tubería y válvulas	5
Lanzamiento licitación tubería y válvulas	5
Recibo de ofertas tubería y válvulas	13
Evaluación técnica y económica tubería y válvulas	12
Aprobación de la adquisición tubería y válvulas	2
Informe de resultado al ganador tubería y válvulas	1
Suscripción y firma del contrato tubería y válvulas	12
Plazo de entrega tuberías	60
Elaboración de pliegos instrumentación	15
Aprobación para licitación instrumentación	5
Lanzamiento licitación instrumentación	5
Recibo de ofertas instrumentación	13
Evaluación técnica y económica instrumentación	12
Aprobación de la adquisición instrumentación	2
Informe de resultado al ganador instrumentación	1
Suscripción y firma del contrato instrumentación	12
Plazo de entrega instrumentación	120
Adquisición de tierras	30
<b>Instalación</b>	
Adquisición de tierras	45

**4.1.3 Desarrollo del cronograma.** PMI<sup>91</sup>, identifica el desarrollo del cronograma como el proceso de analizar las secuencias de actividades, la duración, los recursos y las restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto. El principal beneficio que ofrece este proceso es que al integrar todas las salidas de procesos anteriores, permite generar un modelo de programación con fechas planificadas para completar las actividades del proyecto.

Las entradas a tener en cuenta para este proceso son:

- Lista de actividades
- Estimación de la duración de las actividades.
- Enunciado del alcance del proyecto
- Factores ambientales de la empresa: los factores que intervienen en este proceso son:
  - Estándares.
  - Canales de comunicación.
- Activos de los procesos de la organización: los factores que influyen en este proceso son:
  - Metodología de programación.
  - Calendario del proyecto.

El PMI<sup>92</sup> describe en el PMBOK, las siguientes herramientas y técnicas para este proceso:

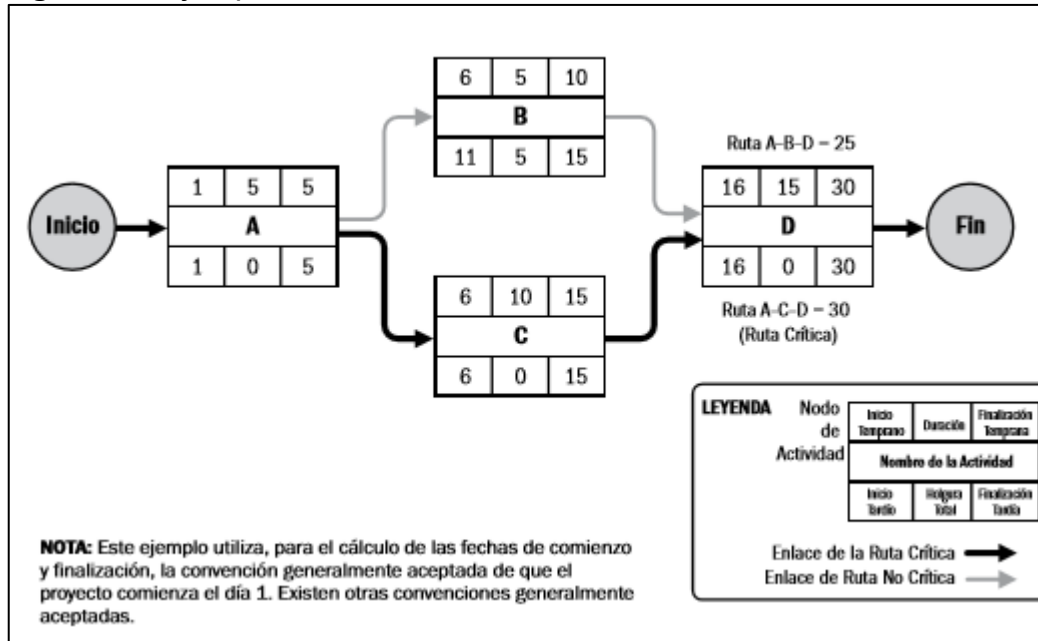
- Análisis de la red del cronograma: es una técnica que se utiliza para generar el cronograma del proyecto, esta emplea técnicas tales como el método de la ruta crítica, método de la cadena crítica, y técnicas de optimización de recursos con el fin de estimar fechas de inicio y finalización de cada actividad.
- Método de la ruta crítica: esta técnica se utiliza para determinar la duración mínima del proyecto y determinar el nivel de la flexibilidad en la programación de los cambios, consiste en la estimación del inicio y finalización, temprano y tardío de cada actividad, con el fin de identificar los periodos en los cuales se podrían llevar a cabo estas actividades. La flexibilidad está dada por la cantidad de tiempo que una actividad puede retrasarse en su inicio temprano sin alterar la fecha de entrega del proyecto u otras restricciones del cronograma y se denomina holgura total, la ruta crítica es aquella que presenta una holgura total de cero. **(ver Figura 29.)**

---

<sup>91</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Op.Cit., p. 172.

<sup>92</sup> Ibíd., p.174-182.

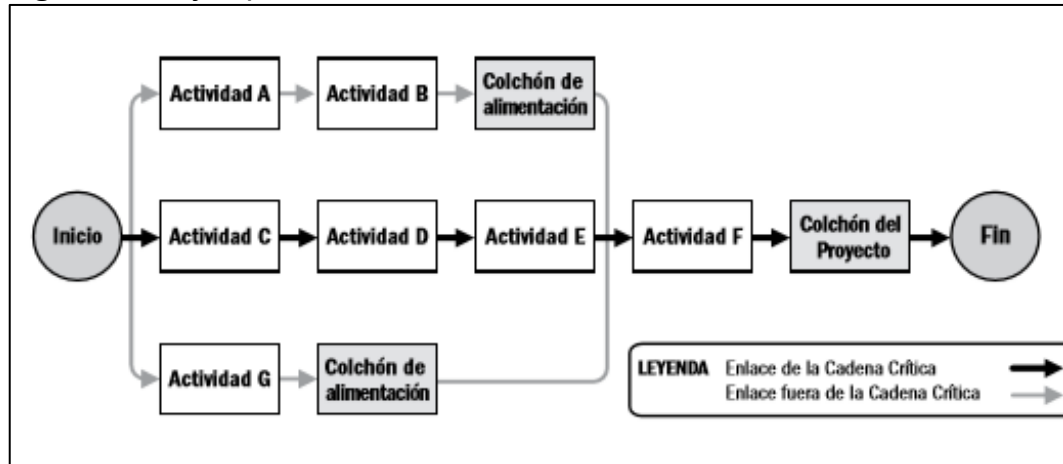
**Figura 29.** Ejemplo de ruta crítica



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 177 p.

- Método de la cadena crítica: consiste en la programación de colchones, los cuales son un ítem que permite tener en cuenta la incertidumbre y la escasez de recursos asociados a las actividades, estos son actividades que no requieren trabajo, por lo cual el tiempo asociado a estos es la incertidumbre de las actividades que lo preceden, se ubican en la ruta del cronograma para prevenir retrasos, los colchones son de dos tipos, colchón del proyecto, el cual protege la fecha de finalización del proyecto y colchón de alimentación, el cual protege la entrada de una ruta de actividades que alimentan la ruta crítica.(ver **Figura 30.**)

**Figura 30.** Ejemplo de cadena critica



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 178 p.

- Técnicas de optimización de recursos: se utilizan dos técnicas principales:
  - Nivelación de recursos: consiste en el ajuste de las fechas de inicio y finalización de actividades, de acuerdo a los recursos disponibles para llevar a cabo dichas actividades, es utilizado en casos específicos, en los cuales, ciertas actividades comparten los mismos recursos en el mismo periodo de tiempo, o no existe la disponibilidad de recursos para llevar a cabo una actividad en el periodo de tiempo en el cual se encuentra. Puede generar alteraciones en la ruta crítica, generalmente aumentándola.
  - Equilibrio de recursos: es una técnica de ajuste de actividades, consiste en no exceder el límite de recursos predefinidos, esta técnica no altera la ruta crítica.
- Comprensión del cronograma: son técnicas utilizadas para acortar el calendario y poder cumplir con el cronograma en menor tiempo, sin que su alcance se vea alterado, existen dos técnicas de comprensión del cronograma:
  - Intensificación: consiste en el aumento de recursos para acortar la duración de las actividades, únicamente de la ruta crítica, puede aumentar significativamente los costos y riesgos.
  - Ejecución rápida: permite organizar en paralelo, actividades que se realizan de forma secuencial, por lo menos en parte de su duración, para así reducir los tiempos de entrega de las actividades, solo es posible si las actividades lo permiten.

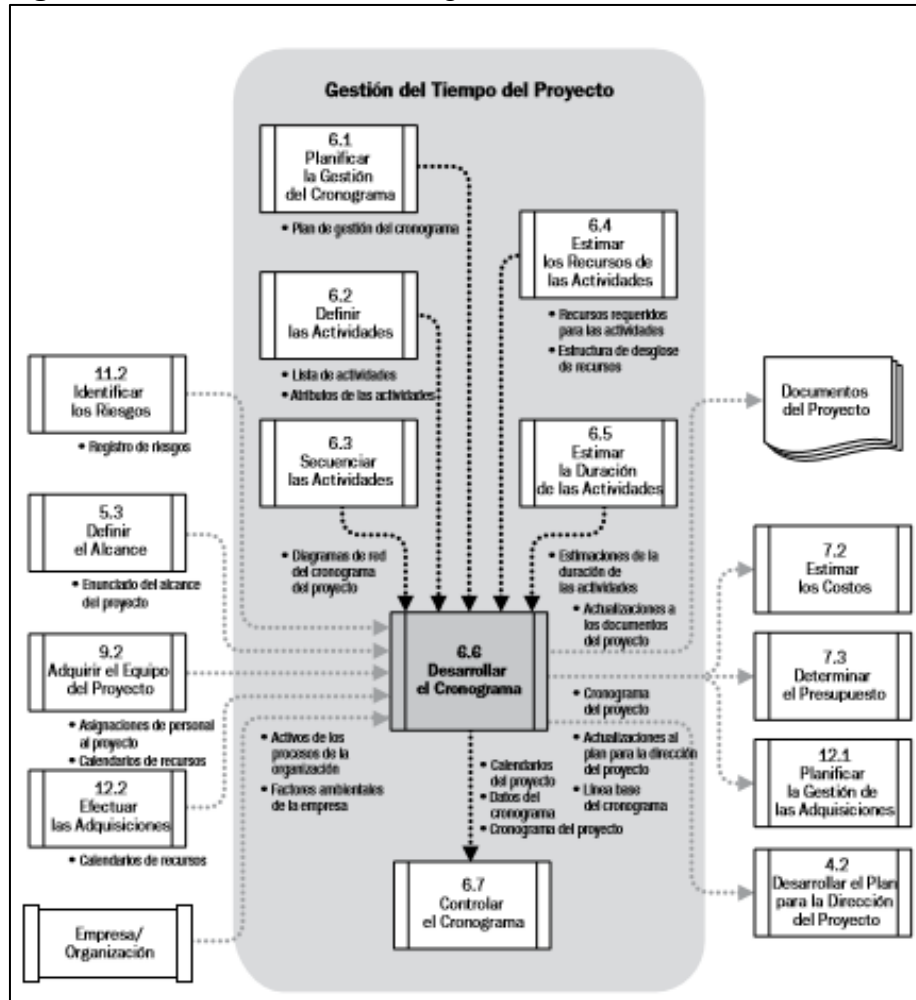
Las salidas del proceso son:



- Línea base del cronograma: modelo de programación con fechas de inicio de la línea base y fechas de finalización de la línea base.
- Cronograma del proyecto: salida de programación que representa fechas de inicio y finalización para cada actividad, hitos y recursos. El cronograma se puede representar en forma de resumen o detallado, en forma de tabla, o en forma gráfica a partir de diagramas de barras o diagramas de red.
- Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto: los elementos susceptibles al cambio son:
  - Línea base del cronograma.
  - Plan de gestión del cronograma.
  - Actualizaciones a los documentos del proyecto: pueden ser cambiados los siguientes documentos:
  - Recursos requeridos para las actividades
  - Atributos de las actividades

En la **Figura 31**, se puede apreciar el diagrama del proceso desarrollo del cronograma.

**Figura 31.** Desarrollo de cronograma



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 173 p.

El cronograma desarrollado comienza el día 5 de agosto de 2016 y termina el día 19 de octubre del 2017, que corresponde a duración total de 427.18 días, inicia por los entregables de segundo orden de ambientales, que tienen una duración de 96 días y corresponden actividades ya desarrolladas para la definición del proyecto, son prerrequisitos de las operaciones. Para el entregable de segundo orden de perforación se distinguen procesos importantes para el desarrollo del proyecto, que corresponden a la planificación del pozo, diseño de pozo, plan de pozo y la forma 7CR, duran 38 días.

El entregable de tercer orden de movilización-arme, se platea para la temporada de clima “seco” en la zona, debido a que las fuertes lluvias de la región pueden

provocar grandes pérdidas de tiempo por derrumbes e inundaciones en la vía, por conocimiento de operaciones ya realizadas en la zona, se determina que este entregable se debe realizar en los meses de enero a marzo. Para el cronograma establecido, la movilización-arme se desarrolla del 19 de febrero al 5 de marzo, con una duración de 14 días.

Un hito importante del cronograma, aunque no hace parte de la línea crítica, es el de quebrar herramientas direccionales, dentro de entregable de cuarto orden de fase de 12 ¼", hueco exploratorio, en esta actividad se determina la acumulación de hidrocarburos. Si se comprueba acumulación, esta actividad permite la construcción del pozo desarrollo, mediante la perforación horizontal del estrato productor, y la adquisición de tubería, instrumentación y válvulas, para la construcción de la línea de flujo

Los hitos críticos del cronograma, los entregables de segundo orden de línea de flujo, desde su diseño hasta la construcción.

En el **Anexo B**, se muestra el cronograma detallado del proyecto.

## 4.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos que establece PMI<sup>93</sup> en el PMBOK, es desarrollo de una evaluación aproximada de los recursos, en términos monetarios, requeridos para llevar a cabo las actividades del proyecto, el principal beneficio de este proceso es que determina el costo requerido para completar el trabajo contenido en el proyecto.

Los costos se estiman para todos los recursos que se van a utilizar para realizar las actividades planteadas, éstos incluyen: personal, materiales, equipamiento, servicios, instalaciones entre otros.

Las entradas a este proceso, como en la mayoría, se derivan de salidas de otros procesos anteriores y son las siguientes, según el PMI<sup>94</sup>:

- Enunciado del alcance del proyecto
- Estructura detallada del trabajo
- Cronograma del proyecto
- Factores ambientales de la empresa: los factores que intervienen en este proceso son:
  - Las condiciones del mercado.
  - Información comercial de dominio público.

---

<sup>93</sup> *Ibíd.*, p.200.

<sup>94</sup> *Ibíd.*, p.202-203

- Activos de los procesos de la organización: los activos presentes en este proceso son:
  - Políticas de estimación de costos.
  - Plantillas de estimación de costos.
  - Información histórica.
  - Lecciones aprendidas.

Las herramientas y técnicas descritas en el PMBOK, por PMI<sup>95</sup>, para este proceso son:

- Juicio de expertos
- Estimación análoga: técnica que utiliza un proyecto con características similares como base para la estimación de los costos del proyecto a calcular, arroja como resultado un valor bruto del costo del proyecto y es utilizada cuando se tiene información limitada acerca del proyecto.
- Análisis de ofertas de los proveedores: esta técnica se utiliza cuando el proyecto depende de la adjudicación del trabajo a un proveedor por medio de un proceso competitivo, y consiste en la identificación del costo de las actividades para comparar con la oferta del proveedor y tomar decisiones.
- Técnicas grupales de toma de decisiones

Las salidas de este proceso son:

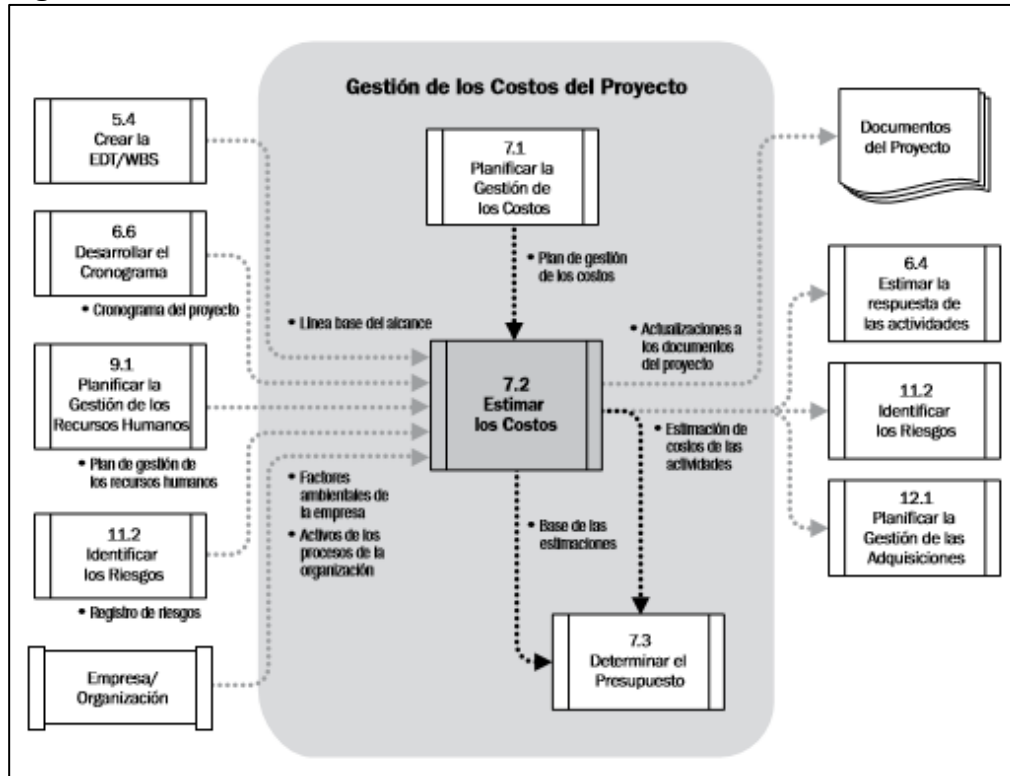
- Estimación de costos de las actividades: evaluación cuantitativa de los costos probables que se requieren para realizar el trabajo del proyecto.

En la **Figura 32**, se puede apreciar el diagrama de flujo de datos completo del proceso anteriormente descrito.

---

<sup>95</sup> *Ibíd.*, p.204-205.

**Figura 32.** Estimar costos



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 201 p.

**4.2.1 Estimación de costos Pozo Fénix Sur.** A partir de la estimación de tiempos y haciendo uso de técnicas y herramientas como análisis de ofertas de los proveedores y estimación análoga, se terminaron los costos por entregable de segundo nivel.

Los costos se presentan a continuación por medio de tablas que contienen enunciadas las lista de actividades, el costo por unidad y el costo total por entregable en la **Tabla 30.**, se muestra la estimación de costos para el entregable de obras civiles.

**Tabla 30.** Estimación costos Obras Civiles

Obra civil			
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo por sección (USD)
Diseños	\$5,000.00	SERVICIO	\$5,000.00
Construcción locación (0.84 ha)	\$435,141.00	SERVICIO	\$435,141.00
Construcción vía nueva (800 m)	\$50,602.00	SERVICIO	\$50,602.00
Mantenimiento vía existente	\$272,243.00	SERVICIO	\$272,243.00
Supervisión construcción locación	\$21,017.00	Mes	\$25,220.40
Supervisión construcción vía nueva	\$21,017.00	Mes	\$12,610.20
Supervisión mantenimiento vía existente	\$21,017.00	Mes	\$10,508.50
Adquisición de tierras	\$13,559.00	Ha	\$21,343.22
<b>Total</b>			<b>\$832,668.32</b>

En la **Tabla 31.**, se presentan los costos calculados para el entregable de ambientales.

**Tabla 31.** Estimación costos Ambientales

Ambientales			
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo (USD)
Análisis de laboratorio	\$48,559.00	SERVICIO	\$48,559.00
Estudios ambientales	\$23,729.00	SERVICIO	\$23,729.00
Licencia ambiental	\$678.00	SERVICIO	\$678.00
Supervisión ambiental	\$18,203.00	SERVICIO	\$18,203.00
<b>Total</b>	<b>\$91,169.00</b>		<b>\$91,169.00</b>

La presentación de costos, para el entregable de perforación se realiza a partir de los entregables de tercer orden.

Los costos para el entregable de Pre-Operativos se muestran en la **Tabla 32.**

**Tabla 32.** Estimación de Costos Pre Operacionales

Pre-operacionales	
Servicio	Costo (USD)
Diseño del pozo	\$ 130,000.00
Programa de Pozo	\$ 120,000.00
Forma 7CR	\$ 100,000.00
<b>Total</b>	<b>\$ 350,000.00</b>

La **Tabla 33**, muestran los costos calculados para la Movilización y Arme.

**Tabla 33.** Estimación de costos para Movilización y Arme

Movilización y arme			
Días	15		
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costos (USD)
BHA herramientas y equipos	\$1,912.00	MOVILIZACIÓN	\$1,912.00
Martillos	\$1,200.00	MOVILIZACIÓN	\$1,200.00
Ingeniero de fluidos	\$3,400.00	MOVILIZACIÓN	\$3,400.00
Equipos de control de solidos	\$8,468.00	MOVILIZACIÓN	\$8,468.00
Personal control de solidos	\$1,940.00	MOVILIZACIÓN	\$1,940.00
Movilización Control de solidos	\$12,000.00	MOVILIZACIÓN	\$12,000.00
Manejo de desperdicios	\$2,700.00	MOVILIZACIÓN	\$2,700.00
Movilización de taladro	\$395,000.00	MOVILIZACIÓN	\$395,000.00
Desmovilización de taladro	\$395,000.00	MOVILIZACIÓN	\$395,000.00
Inspección de taladro	\$40,000.00	MOVILIZACIÓN	\$40,000.00
Equipos extra	\$23,812.00	MOVILIZACIÓN	\$23,812.00
Personal adicional de taladro	\$4,500.00	MOVILIZACIÓN	\$4,500.00
Equipos mudlogging	\$2,100.00	MOVILIZACIÓN	\$2,100.00
consumibles mudlogging	\$3,500.00	MOVILIZACIÓN	\$3,500.00
Movilización/Desmovilización mudlogging	\$11,000.00	MOVILIZACIÓN	\$11,000.00
Movilización herramientas direccionales	\$14,000.00	MOVILIZACIÓN	\$14,000.00
Soldadura	\$10,000.00	MOVILIZACIÓN	\$10,000.00
Company man	\$1,500.00	DIA	\$22,500.00
Well site	\$900.00	DIA	\$13,500.00
Asistente CM	\$684.00	DIA	\$10,260.00
HSE	\$316.00	DIA	\$4,740.00
Satélite	\$400.00	DIA	\$6,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$987,532.00</b>

La estimación de los costos del entregable de Perforación y Registros, se presentan mediante a los entregables de cuarto orden. En la **Tabla 34**, se muestran los costos estimados para la sección de 17 ½”.

**Tabla 34.** Estimación de costos Sección de 17 ½”

Sección 17 1/2" y cementación			
Profundidad alcanzada(ft)		1200	
Días (perforación / cementación)	0.750		2.411
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo en sección (USD)
Broca triconica 17-1/2"(renta)	\$22,000.00	SERVICIO	\$22,000.00
BHA servicio de herramientas y equipos	\$3,500.00	DIA	\$2,625.00
Martillo	\$930.00	DIA	\$697.50
Fluido de perforación 17 1/2"	\$3,100.00	DIA	\$2,325.00
Ingeniero de fluidos	\$1,700.00	DIA	\$1,275.00
Equipos de control de solidos	\$4,234.00	DIA	\$3,175.50
Personal control de solidos	\$970.00	DIA	\$727.50
Manejo de desperdicios	\$1,350.00	DIA	\$1,012.50
Contrato de taladro	\$27,000.00	DIA	\$20,250.00
equipos extra de taladro	\$1,000.00	DIA	\$750.00
Personal adicional de taladro	\$375.00	DIA	\$281.25
Personal mudlogging	\$1,800.00	DIA	\$1,350.00
Equipos mudlogging	\$1,000.00	DIA	\$750.00
Company man	\$1,500.00	DIA	\$1,125.00
Well site	\$900.00	DIA	\$675.00
Ingeniero de perforación	\$684.00	DIA	\$513.00
HSE	\$316.00	DIA	\$237.00
Satélite	\$400.00	DIA	\$300.00
Cementación			
Casing 13-3/8"	\$42.39	pie	\$50,868.00
Equipo de flotación 13-3/8"	\$2,500.00	SERVICIO	\$2,500.00
Accesorios 13-3/8"	\$9,200.00	SERVICIO	\$9,200.00
Cabezal primera sección	\$25,000.00	SERVICIO	\$25,000.00
BHA servicio de herramientas y equipos	\$3,500.00	DIA	\$8,438.50
Martillo	\$1,200.00	DIA	\$2,893.20
Fluido de perforación 17 1/2"	\$3,100.00	DIA	\$7,474.10
Ingeniero de fluidos	\$1,700.00	DIA	\$4,098.70
Equipos de control de solidos	\$4,234.00	DIA	\$10,208.17
Personal control de solidos	\$970.00	DIA	\$2,338.67
Manejo de desperdicios	\$1,350.00	DIA	\$3,254.85



**Tabla 34** (continuación)

Sección 17 1/2" y cementación			
Personal de cementación	\$15,000.00	SERVICIO	\$15,000.00
Trabajo de cementación	\$14,000.00	SERVICIO	\$14,000.00
Contrato de taladro	\$27,000.00	DIA	\$65,097.00
Equipo extra de taladro	\$1,000.00	DIA	\$2,411.00
Combustible	\$1,500.00	DIA	\$3,616.50
Personal adicional de taladro	\$1,500.00	DIA	\$3,616.50
Personal mudlogging	\$1,800.00	DIA	\$4,339.80
Equipos mudlogging	\$1,000.00	DIA	\$2,411.00
Corrida de Casing	\$11,000.00	SERVICIO	\$11,000.00
Empaque de circulación	\$3,000.00	SERVICIO	\$3,000.00
Inspección de tuberías	\$3,000.00	SERVICIO	\$3,000.00
equipo de perforación direccional 17-1/2"	\$16,186.00	SERVICIO	\$16,186.00
Personal MWD	\$1,086.00	DIA	\$2,618.35
Personal direccional	\$1,221.00	DIA	\$2,943.83
Company man	\$1,500.00	DIA	\$3,616.50
Well site	\$900.00	DIA	\$2,169.90
Ingeniero de perforación	\$684.00	DIA	\$1,649.12
HSE	\$316.00	DIA	\$761.88
Satélite	\$400.00	DIA	\$964.40
<b>Total sección</b>			<b>\$344,745.22</b>

Los costos de la sección de 12 1/4" se presentan en la **Tabla 35**.

**Tabla 35.** Estimación costos Sección 12 1/4".

Sección 12-1/4" piloto			
Profundidad alcanzada(ft)	9600		
Días	12.010		
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo en sección (USD)
Broca PDC 12-1/4(renta)	\$15,000.00	ALQUILER	\$15,000.00
BHA servicio de herramientas y equipos	\$3,500.00	DIA	\$42,035.000
Martillo	\$930.00	DIA	\$11,169.300
Fluido de perforación 12 1/4"	\$4,500.00	DIA	\$54,045.000
Ingeniero de fluidos	\$1,700.00	DIA	\$20,417.000
Equipos de control de solidos	\$4,234.00	DIA	\$50,850.340
Personal control de solidos	\$970.00	DIA	\$11,649.700
Manejo de desperdicios	\$1,350.00	DIA	\$34,713.500

**Tabla 35** (continuación)

Sección 12-1/4" piloto			
Contrato de taladro	\$27,000.00	DIA	\$324,270.000
equipos extra de taladro	\$1,000.00	DIA	\$12,010.000
Personal adicional de taladro	\$1,500.00	DIA	\$18,015.000
Personal mudlogging	\$1,800.00	DIA	\$21,618.000
Equipos mudlogging	\$1,000.00	DIA	\$12,010.000
Company man	\$1,500.00	DIA	\$18,015.000
Well site	\$900.00	DIA	\$10,809.000
Ingeniero de perforación	\$684.00	DIA	\$8,214.840
HSE	\$316.00	DIA	\$3,795.160
Herramientas direccionales 12-1/4"	\$33,893.00	DIA	\$407,054.930
Personal MWD	\$1,086.00	DIA	\$26,085.720
Personal direccional	\$1,221.00	DIA	\$29,328.420
Total sección			\$1,131,105.91

La **Tabla 36.**, muestra la estimación de costos para el Tapón y Abandono.

**Tabla 36.** Estimación de costos para Tapón y Abandono

Tapón y abandono			
Profundidad alcanzada (ft)			9600
Días			2.670
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo en sección (USD)
Martillo	\$930.00	DIA	\$2,483.100
Fluido de perforación 12-1/4"	\$3,000.00	DIA	\$8,010.000
Ingeniero de fluidos	\$1,700.00	DIA	\$4,539.000
Equipo de control de solidos	\$4,234.00	DIA	\$11,304.780
Personal control de solidos	\$970.00	DIA	\$2,589.900
Manejo de desperdicios	\$1,350.00	DIA	\$3,604.500
Trabajo de cementación	\$90,000.00	SERVICIO	\$90,000.000
Contrato de taladro	\$27,000.00	DIA	\$72,090.000
Equipo extra de taladro	\$1,000.00	DIA	\$2,670.000
Personal adicional de taladro	\$1,500.00	DIA	\$4,005.000
Personal mudlogging	\$1,800.00	DIA	\$4,806.000
Equipos mudlogging	\$1,000.00	DIA	\$2,670.000
Company man	\$1,500.00	DIA	\$4,005.000
Well site	\$900.00	DIA	\$2,403.000
Ingeniero de perforación	\$684.00	DIA	\$1,826.280

**Tabla 36** (continuación)

Tapón y abandono			
HSE	\$316.00	DIA	\$843.720
Herramientas direccionales 12-1/4"	\$5,733.00	DIA	\$15,307.110
Personal MWD	\$1,086.00	DIA	\$5,799.240
Personal direccional	\$1,221.00	DIA	\$6,520.140
Total sección			\$245,476.770

Los costos estimados para la sección de 12 ¼" de Desarrollo se presentan la **Tabla 37**.

**Tabla 37**. Estimación costos Sección 12 ¼" Desarrollo

Sección 12-1/4" desarrollo			
Profundidad alcanzada (ft)	10600		
Días (perforación/cementación)	13.041	3.941	
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo en sección (USD)
Broca PDC 12-1/4" (renta)	\$15,000.00	ALQUILER	\$15,000.00
BHA servicio de herramientas y equipos	\$3,500.00	DIA	\$45,643.50
Martillo	\$930.00	DIA	\$12,128.13
Fluido de perforación 12 1/4"	\$2,500.00	DIA	\$32,602.50
Ingeniero de fluidos	\$1,700.00	DIA	\$22,169.70
Equipos de control de solidos	\$4,234.00	DIA	\$55,215.59
Personal control de solidos	\$970.00	DIA	\$12,649.77
Manejo de desperdicios	\$1,350.00	DIA	\$17,605.35
Contrato de taladro	\$27,000.00	DIA	\$352,107.00
equipos extra de taladro	\$1,000.00	DIA	\$13,041.00
Combustible	\$1,500.00	DIA	\$3,000.00
Personal adicional de taladro	\$1,500.00	DIA	\$19,561.50
Personal mudlogging	\$1,800.00	DIA	\$23,473.80
Equipos mudlogging	\$1,000.00	DIA	\$13,041.00
Company man	\$1,500.00	DIA	\$19,561.50
Well site	\$900.00	DIA	\$11,736.90
Ingeniero de perforación	\$684.00	DIA	\$8,920.04
HSE	\$316.00	DIA	\$4,120.96
Herramientas direccionales 12-1/4"	\$33,893.00	DIA	\$441,998.61
Personal MWD	\$1,086.00	DIA	\$28,325.05
Personal direccional	\$1,221.00	DIA	\$31,846.12

**Tabla 37. (continuación)**

Sección 12-1/4" desarrollo			
Cementación			
Casing 9-5/8"	\$35.00	ft	\$371,000.00
Zapato flotación 9-5/8"	\$1,200.00	SERVICIO	\$1,200.00
Accesorios 9-5/8"	\$8,550.00	SERVICIO	\$8,550.00
Cabezal primera sección BHA servicio de herramientas y equipos	\$15,000.00	SERVICIO	\$15,000.00
Martillo	\$3,500.00	DIA	\$13,793.50
Fluido de perforación 17 1/2"	\$930.00	DIA	\$3,665.13
Ingeniero de fluidos	\$2,500.00	DIA	\$9,852.50
Equipos de control de solidos	\$1,700.00	DIA	\$6,699.70
Personal control de solidos	\$4,234.00	DIA	\$16,686.19
Manejo de desperdicios	\$970.00	DIA	\$3,822.77
Personal de cementación	\$1,350.00	DIA	\$5,320.35
Trabajo de cementación	\$26,000.00	SERVICIO	\$26,000.00
Contrato de taladro	\$18,000.00	SERVICIO	\$18,000.00
Equipo extra de taladro	\$27,000.00	DIA	\$106,407.00
Combustible	\$1,000.00	DIA	\$3,941.00
Personal adicional de taladro	\$1,500.00	DIA	\$5,911.50
Personal mudlogging	\$1,500.00	DIA	\$5,911.50
Equipos mudlogging	\$1,800.00	DIA	\$7,093.80
Corrida de Casing	\$1,000.00	DIA	\$3,941.00
Empaque de circulación	\$3,000.00	SERVICIO	\$3,000.00
Inspección de tuberías equipo de perforación direccional 12- 1/4"	\$3,000.00	SERVICIO	\$3,000.00
equipo de perforación direccional 8- 1/2"	\$22,086.00	DIA	\$87,040.93
Personal MWD	\$33,893.00	DIA	\$133,572.31
Personal direccional	\$1,086.00	DIA	\$4,279.93
Company man	\$1,221.00	DIA	\$4,811.96
Well site	\$1,500.00	DIA	\$5,911.50
Ingeniero de perforación	\$900.00	DIA	\$3,546.90
HSE	\$684.00	DIA	\$2,695.64
	\$316.00	DIA	\$1,245.36
<b>TOTAL</b>			<b>\$2,097,648.50</b>

La **Tabla 38.**, presenta la estimación de costos para la sección de 8 ½”.

**Tabla 38.** Estimación de costos Sección de 8 ½”

Sección 8-1/2”			
Profundidad alcanzada (ft)			10600
Días			2.841
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo en sección (USD)
Broca PDC 8-1/2”(renta)	\$12,000.00	DIA	\$12,000.00
BHA servicio de herramientas y equipos	\$3,500.00	DIA	\$9,943.50
Martillo	\$930.00	DIA	\$2,642.13
Fluido de perforación 12 1/4"	\$3,500.00	DIA	\$9,943.50
Ingeniero de fluidos	\$1,700.00	DIA	\$4,829.70
Equipos de control de solidos	\$4,234.00	DIA	\$12,028.79
Personal control de solidos	\$970.00	DIA	\$2,755.77
Manejo de desperdicios	\$1,350.00	DIA	\$22,335.35
Contrato de taladro	\$27,000.00	DIA	\$76,707.00
equipos extra de taladro	\$1,000.00	DIA	\$2,841.00
Personal adicional de taladro	\$1,500.00	DIA	\$4,261.50
Personal mudlogging	\$1,800.00	DIA	\$5,113.80
Equipos mudlogging	\$100.00	DIA	\$284.10
Company man	\$1,500.00	DIA	\$4,261.50
Well site	\$900.00	DIA	\$2,556.90
Ingeniero de perforación	\$684.00	DIA	\$1,943.24
HSE	\$316.00	DIA	\$897.76
Herramientas direccionales 8-1/2"	\$33,893.00	DIA	\$96,290.01
Personal MWD	\$1,086.00	DIA	\$6,170.65
Personal direccional	\$1,221.00	DIA	\$6,937.72
otros Personal direccional	\$6,314.00	DIA	\$17,938.07
<b>Total</b>			<b>\$302,682.01</b>

Para la estimación de costos de completamiento se realizó a partir de completamiento en subsuelo y completamiento en superficie. Como lo muestran la **Tabla 39**, y la **Tabla 40**.

**Tabla 39.** Estimación de costos para el completamiento subsuelo

Completamiento inferior			
Profundidad alcanzada (ft)		10600	
Días		3.516	
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo por sección (USD)
Casing 7"	\$ 28.00	Pie	\$ 7,000.00
Cabezal segunda sección	\$ 10,000.00	SERVICIO	\$ 10,000.00
Martillo	\$ 930.00	DÍA	\$ 3,269.88
Ingeniero de fluidos	\$ 1,700.00	DÍA	\$ 5,977.20
Equipo de control de solidos	\$ 4,232.00	DÍA	\$ 14,879.71
Personal control de solidos	\$ 970.00	DÍA	\$ 3,410.52
Manejo de desperdicios	\$ 1,350.00	DÍA	\$ 4,746.60
Contrato de taladro	\$ 27,000.00	DÍA	\$ 94,932.00
Equipos extra de taladro	\$ 1,000.00	DÍA	\$ 3,516.00
Combustible	\$ 1,500.00	DÍA	\$ 5,274.00
Personal adicional de taladro	\$ 1,500.00	DÍA	\$ 5,274.00
Personal mudlogging	\$ 1,800.00	DÍA	\$ 6,328.80
Equipos mudlogging	\$ 1,000.00	DÍA	\$ 3,516.00
Corrida de casing	\$30,000.00	SERVICIO	\$ 30,000.00
Inspección de tubería	\$4,500.00	SERVICIO	\$ 4,500.00
Herramientas direccionales 8-1/2"	\$ 5,733.00	DÍA	\$ 20,157.23
Personal MWD	\$ 1,086.00	DÍA	\$ 3,818.38
Personal direccional	\$ 1,221.00	DÍA	\$ 4,293.04
Otros personal direccional	\$ 6,314.00	DÍA	\$ 22,200.02
Corte en frio y soldadura de casing	\$ 7,100.00	SERVICIO	\$ 7,100.00
Company man	\$ 1,500.00	SERVICIO	\$ 5,274.00
HSE	\$ 316.00	DÍA	\$ 1,111.06
Tubing 6-5/8" 24#BTC	\$ 6,000.00	SERVICIO	\$ 6,000.00
Tratamiento OSA	\$ 45,000.00	SERVICIO	\$ 45,000.00
Salmuera de completamiento	\$ 10,000.00	SERVICIO	\$ 10,000.00
Satélite	\$ 400.00	DÍA	\$ 1,406.40
<b>Total</b>			<b>\$ 328,984.83</b>

**Tabla 40.** Estimación de costos Completamiento de Superficie

Completamiento superior			
Profundidad (ft)		10600	
Días		2.208	
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo por sección (USD)
Tubing hanger	\$1,200.00	SERVICIO	\$1,200.00
Ensamblaje tercera sección (Árbol)	\$15,750.00	SERVICIO	\$15,750.00
Ingeniero de fluidos	\$1,700.00	DÍA	\$3,753.60
Equipo de control de solidos	\$4,232.00	DÍA	\$9,344.26
Personal control de solidos	\$970.00	DÍA	\$2,141.76
Movilización de equipos CS	\$12,000.00	SERVICIO	\$12,000.00
Manejo de desperdicios	\$1,350.00	DÍA	\$9,480.80
Contrato de taladro	\$27,000.00	DÍA	\$59,616.00
Equipo extra de taladro	\$1,000.00	DÍA	\$2,208.00
Personal adicional de taladro	\$1,500.00	DÍA	\$3,312.00
Personal mudlogging	\$1,800.00	DÍA	\$3,974.40
equipos mudlogging	\$1,000.00	DÍA	\$2,208.00
Company man	\$1,500.00	DÍA	\$3,312.00
HSE	\$316.00	DÍA	\$697.73
Tubing de 3-1/2"	\$10.00	PIE	\$106,000.00
Material de completamiento (Completamiento de malla)	\$370,000.00	SERVICIO	\$370,000.00
Bomba ESP	\$470,000.00	SERVICIO	\$470,000.00
Satélite	\$400.00	DÍA	\$883.20
		<b>Total</b>	<b>\$1,075,881.74</b>

Para el entregable de Línea de Flujo se presentan los costos en la **Tabla 41**.

**Tabla 41.** Estimación costos Línea de Flujo

Línea de flujo			
Longitud (ft)	3800		
Servicio	Costo (USD)	Unidad	Costo por sección (USD)
DISEÑO	\$19,090.00	SERVICIO	\$19,090.00
Tuberías y válvulas	\$42.01	METRO	\$159,638.00
Medidor coriolis	\$18,350.00	SERVICIO	\$18,350.00
Adquisición de tierras	\$37,098.00	SERVICIO	\$37,098.00
Construcción	\$73.78	METRO	\$280,364.00
<b>Total</b>			<b>\$514,540.00</b>

**4.2.2 Determinación del presupuesto.** Este proceso consiste en sumar los costos de las actividades con el fin de generar una línea base de presupuesto, aquella que contempla todos los fondos autorizados para el proyecto.

Al igual que todos los procesos establecidos en el PMI<sup>96</sup>, consta de entradas, herramientas, técnicas y salidas las cuales serán descritas a continuación.

Entradas del proceso:

- Enunciado del alcance del proyecto
- Estructura detallada del trabajo
- Estimación de los costos de las actividades
- Cronograma del proyecto
- Activos de los procesos de la organización: los activos que influyen en este proceso son:
  - Políticas, procedimientos y guías existentes para la elaboración de presupuesto.
  - Herramientas para la elaboración de presupuestos.
  - Métodos para preparación de informes.

Las herramientas y técnicas utilizadas en este proceso son:

- Agregación de costos: a partir de la estructura detallada del trabajo se suman los costos de niveles, de inferior a superior, hasta alcanzar la globalidad del proyecto.
- Análisis de reservas

<sup>96</sup> *Ibíd.*, p.208



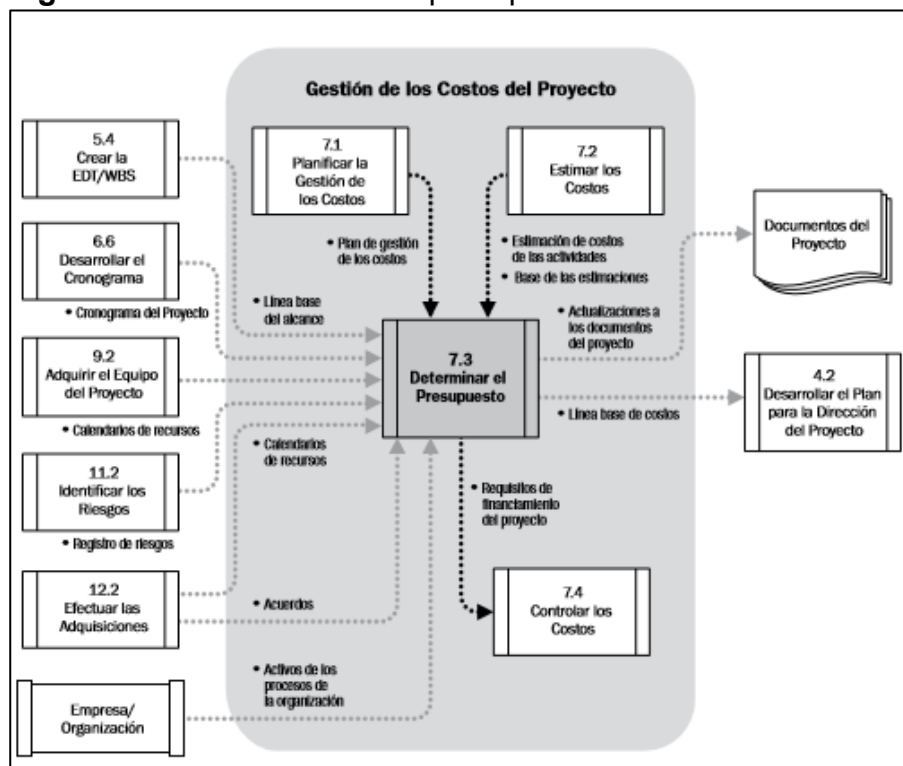
- Juicio de expertos

Las salidas de este proceso son:

- Línea base de costos: consiste en el presupuesto aprobado por fase del proyecto y solo puede ser cambiado por procedimientos formales de control de cambios.
- Requisitos de financiamiento del proyecto.
- Actualizaciones de documentos del proyecto: los documentos susceptibles al cambio son:
  - Estimación de costos.
  - Cronograma.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de datos completo del proceso. Ver **Figura 33**.

**Figura 33.** Determinación de presupuesto



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 209 p.

En la **Tabla 42**, se muestra el presupuesto calculado del proyecto

**Tabla 42.** Presupuesto para el proyecto

<b>Entregable</b>	<b>Costo (USD)</b>
Ambientales (Monitoreo de aguas, aire, suelo; elaboración del PMA)	\$ 91,169
Obras civiles (Movilización y arme)	\$ 832,668
Pre-operativos (Diseño, plan de pozo y forma 7CR)	\$ 350,000
Movilización y arme (Movilización y arme de equipos)	\$ 987,532
Perforación fase 17-1/2"	\$ 344,745
Perforación fase 12-1/4"	\$ 1,131,106
Perforación fase Tapón y abandono	\$ 245,477
Perforación fase de desarrollo 12-1/4"	\$ 2,097,649
Perforación fase 8-1/2"	\$ 302,682
Completamiento inferior	\$ 328,985
Completamiento superior	\$ 1,075,882
Línea de flujo	\$ 514,540
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 8,717,556</b>

### 4.3 DETERMINACIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO

El riesgo se define en el PMBOK<sup>97</sup>, como un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad, este puede tener una o más causas y en el caso de materializarse, uno o más impactos.

Los riesgos tienen su origen en la incertidumbre que presentan todos los proyectos y pueden ser gestionados si se identifican y analizan, estos reciben el nombre de riesgo conocido. En el caso de los riesgos desconocidos, no es posible realizar control sobre estos, por lo que es necesario asignar una reserva para contingencia, en caso de que estos se materialicen. Mediante el desarrollo de este apartado, se cumple con la finalidad del capítulo, debido a que el entregable de esta sección es la determinación de la matriz cualitativa de riesgo, mediante la identificación de los riesgos, análisis cualitativo y planificar la respuesta a los riesgos.

**4.3.1 Identificación de los riesgos.** “Es el proceso de determinar los riesgos que puedan afectar el proyecto y documentar sus características. La identificación de riesgos es un proceso iterativo, ya que los riesgos pueden

<sup>97</sup> *Ibíd.*, p.319.

evolucionar o se pueden descubrir nuevos a lo largo del ciclo de vida del proyecto<sup>98</sup>

El PMI<sup>99</sup>, en el PMBOK define las entradas a este proceso de la siguiente manera:

- Enunciado del alcance del proyecto
- Estructura detallada del trabajo
- Estimación de costos de las actividades
- Estimación de la duración de las actividades
- Factores ambientales de la empresa: los factores que intervienen en este proceso son:
  - Investigaciones académicas.
  - Listas de verificación publicadas.
  - Estudios comparativos.
  - Estudios industriales.
  - Actitudes frente al riesgo.
- Activos de los procesos de la organización: los activos que influyen en este procesos son:
  - Archivos del proyecto.
  - Controles de los procesos de la organización y del proyecto.
  - Formatos o plantillas de la declaración de riesgos.
  - Lecciones aprendidas.

Las herramientas y técnicas utilizadas en este proceso son:

- Revisiones a la documentación: consiste en la revisión de los documentos del proyecto, con el fin de revisar la calidad y la coherencia entre los planes.
- Análisis con lista de verificación: consiste en el análisis de información de proyectos anteriores con características similares.
- Análisis de supuestos: consiste en realizar hipótesis y determinar los riesgos partir de estas.
- Técnicas de diagramación: dentro de estas técnicas se incluyen:
  - Diagramas de causa y efecto: útiles para identificar las causas de los riesgos, también conocidos como diagramas de espina de pescado.
  - Diagrama de flujo de procesos: muestra cómo se relacionan los diferentes elementos de un sistema.
- Juicio de expertos

Las salidas de este proceso son:

---

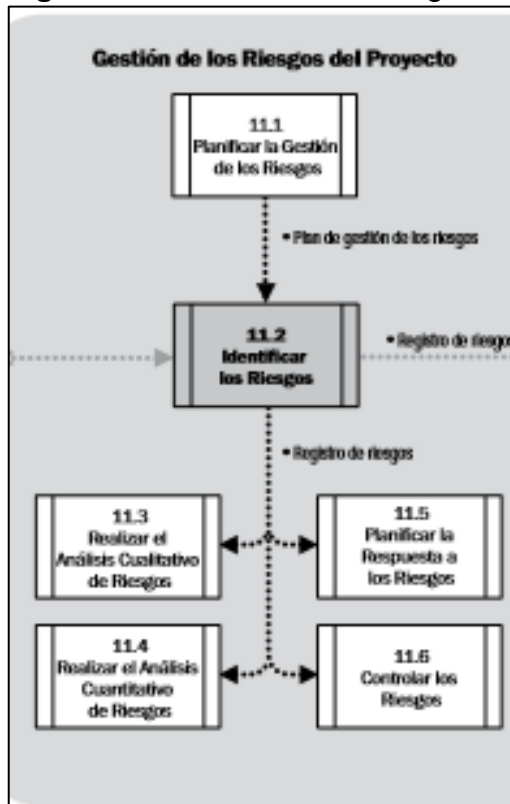
<sup>98</sup> *Ibíd.*, p.319.

<sup>99</sup> *Ibíd.*, p. 321-327.

- Registro de riesgos: es un documento que recopila los resultados del análisis de riesgo y establece las respuestas potenciales a los riesgos identificados, este documento empieza por la finalización del proceso de identificación y se complementa con el desarrollo de los demás procesos de la gestión de riesgos.

En la **Figura 34.**, se puede apreciar el diagrama de flujo de datos del proceso anteriormente descrito.

**Figura 34.** Identificación Riesgos



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications. 2013. 320 p.

Utilizando los activos de los procesos de la organización, como la metodología de identificación de riesgos de CEPESA, a partir del monto de capital de inversión y la fase en el ciclo de vida donde se realice el análisis se selecciona un formato de chequeo como lo muestra la **Figura 35**, .Para este caso la inversión se encuentra entre 0.5 y 10 millones de euros, y en una puerta tres (Gate 3, en la **Figura 35**)

**Figura 35. Análisis de selección de riesgos**

<b>IDDEO</b>	<i>Risk Self-Assessment (Check – List) (CAPEX &lt; 0.5 M€)</i>	<i>Full Risk Analysis (0.5 M€ &lt; CAPEX &lt;10 M€)</i>	<i>Full Risk Analysis involving ERM department (CAPEX &gt; 10 M€)</i>
<b>Gate 1</b>	Risk Checklist	Simplified Risk Register	Simplified Risk Register involving ERM department
<b>Gate 2</b>	Risk Checklist	Simplified Risk Register	Simplified Risk Register involving ERM department
<b>Gate 3</b>	Risk Checklist	Simplified Risk Register	Simplified Risk Register involving ERM department
<b>Follow up milestone</b>	Define mitigation plans follow up. Risk Analysis update in case of deviation beyond limits	Define mitigation plans follow up. Risk Analysis update in case of deviation beyond limits	Define mitigation plans follow up. Risk Analysis update in case of deviation beyond limits
<b>Closure milestone</b>	None update required	None update required	None update required

**Fuente:** CEPSA, UNIDAD OPERATIVA.:Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015, 5p.

A partir del desarrollo de las áreas de conocimiento de tiempos y costos, se procede a identificar las amenazas que tienen impacto en estas áreas. Esta identificación se realiza mediante las técnicas y herramientas descritas anteriormente, principalmente haciendo uso de la lista de chequeo identificada por el activo de proceso de CEPSA, descrito en el párrafo anterior. Esta lista está constituida por dos categorías principales y luego se subdivide en áreas específicas que hacen parte del contexto del proyecto. A continuación en la **Figura 36**, se presenta el formato utilizado para la identificación de riesgos para proyecto de perforación del Pozo Fénix-Sur.

**Figura 36.** Lista chequeo para identificación de riesgos

		Subject	Does the project face this risk?	Risk Event
STRATEGY, PLANNING, FINANCIAL & REGULATORY	BUSSINESS AND ECONOMIC ANALYSIS	Strategic fit		
		Feedstock agreements		
		Business analysis		
		Operation / Business control		
		Partner		
	FINANCIAL AND TAXES	Financial structure		
		Market risks		
		Taxation/ Fiscal terms		
		Dividends/ Shareholder remuneration		
		Import/Export duties		
		Others		
	LEGAL AND CONTRACTS	Contractual & Licensing terms		
		Others		
	HUMAN RESOURCES	Workforce planing		
		Training		
		Unions		
		Internal/External staff management		
	IT SYSTEMS	It infrastructure		
		It security and controls		
		Desing and Planning		
		Disaster recover		
EXTERNAL POLITICAL AND SOCIAL	Country risk			
	Contractor bid specifics			
	Market dynamics			
	Natural Events			
	Technological Innovation			
	Security			
	Local Communités & Stakeholders			
REGULATORY	Prohibitions/ Restrictions/ Unfulfillments			
	Regulatory uncertainty			
	New regulation			
OPERATIONAL & INFRASTRUCTURE	HSEQ	People		
		Environment		
		Quality		
	CONTRACTS & PROCUREMENT	Project management		
		Contractual liabilities		
		Suppliers		
	TECHNICAL & CONSTRUCTION	Project planning		
		Permits/ Approvals		
		Geophysics		
		Geology		
		Reservoir		
		Logistics		
		Drilling		
		Well integrity		
		Structural Integrity		
		Process safety		
		Flow assurance		
		SIMOPS		
		Export network		
		Environmental liabilities		
	Construction			
Outsourcing/ Subcontracts				
Commissioning				

Fuente: CEPISA, UNIDAD OPERATIVA.:Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015, 19p.

Posteriormente, haciendo uso de análisis de supuestos se identifican 15 riesgos con sus potenciales causas y efectos, y mediante información de perforaciones realizadas en el Bloque, de acuerdo a las áreas establecidas por la lista de chequeo, esta información se puede observar en la **Tabla 43**.

**Tabla 43. Registro de riesgos**

Área	Riesgo	Debido a
Análisis económico y de negocio	Variación del precio del petróleo	Variación de condiciones del mercado
	Variación de TRM	Variación de condiciones del mercado
Financiación e impuestos		
Legal		
Recurso humano		
Externo, político y social	Interrupción temporal en las operaciones debido a Contacto con grupos al margen de la ley	Seguridad en la localización, situación del país
	Retraso en los tiempos de movilización debido al Cruce del rio charte	el puente del rio charte se encuentra en construcción
	Interrupción en operaciones debido a paro en comunidad interesada	incumplimiento con los requerimientos de inversión social y contratación de la comunidad
	Cancelación del programa debido a consulta popular	activismo
Regulatorio HSEQ	Retraso en la operación por condiciones climáticas	Fuertes lluvias que se puedan presentar durante las operaciones
Contractual	Retraso en tiempos de adquisiciones y/o obras debido a incumplimiento de contratista	Manejo interno del contratista, incumplimiento técnico del contratista
	Retraso en cronograma debido a incumplimiento de plazos de entrega	Manejo interno del contratista, incumplimiento técnico del contratista
Técnico	Perdidas de circulación	Perforación de Formación Guayabo, alta velocidad en RIH, deficiencia en propiedades de fluido
	Embotamiento de broca	Perforación de Formación Guayabo, baja tasa de flujo , deficiencia en propiedades de fluido
	Inestabilidad del hueco	Perforación de Formación Guayabo, perforación de formación León alta velocidad en RIH, deficiencia en propiedades de fluido
	Pega mecánica	Inestabilidad del hueco, mala limpieza del hueco
	Pega diferencial Influjo	Propiedades del fluido, presión hidrostática mayor a la de formación en zonas permeables, cambio de Angulo Alta velocidad en POOH

**4.3.2 Análisis cualitativo de riesgos.** El PMBOK<sup>100</sup>, define este proceso como el ejercicio de priorizar los riesgos para su análisis o posterior acción, evaluando la prioridad de ocurrencia en porcentaje y su impacto, el principal beneficio es que reduce la incertidumbre y permite al equipo de proyecto concentrarse en los riesgos de alta prioridad.

Las entradas para este proceso son:

- Registro de riesgos
- Factores ambientales de la empresa
  - Estudios de las industrias sobre proyectos similares realizados por especialistas en riesgo.
  - Bases de datos de riesgos que pueden obtenerse de fuentes industriales.
- Activos de los procesos de la organización: los activos que influyen en este proceso son:
  - Información procedente de proyectos similares que hayan sido completados.

Las herramientas y técnicas:

- Evaluación de probabilidad e impacto de riesgos: estudia la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos e identifica el potencial efecto sobre un objetivo del proyecto.
- Matriz de probabilidad e impacto: consiste en la organización de los riesgos identificados a partir de su probabilidad de ocurrencia, dando a cada riesgo una calificación. Esta organización se realiza en forma de matriz.
- Juicio de expertos

Las salidas del análisis cualitativo de riesgos son:

- Actualización de documentos: se actualiza el registro de riesgos.

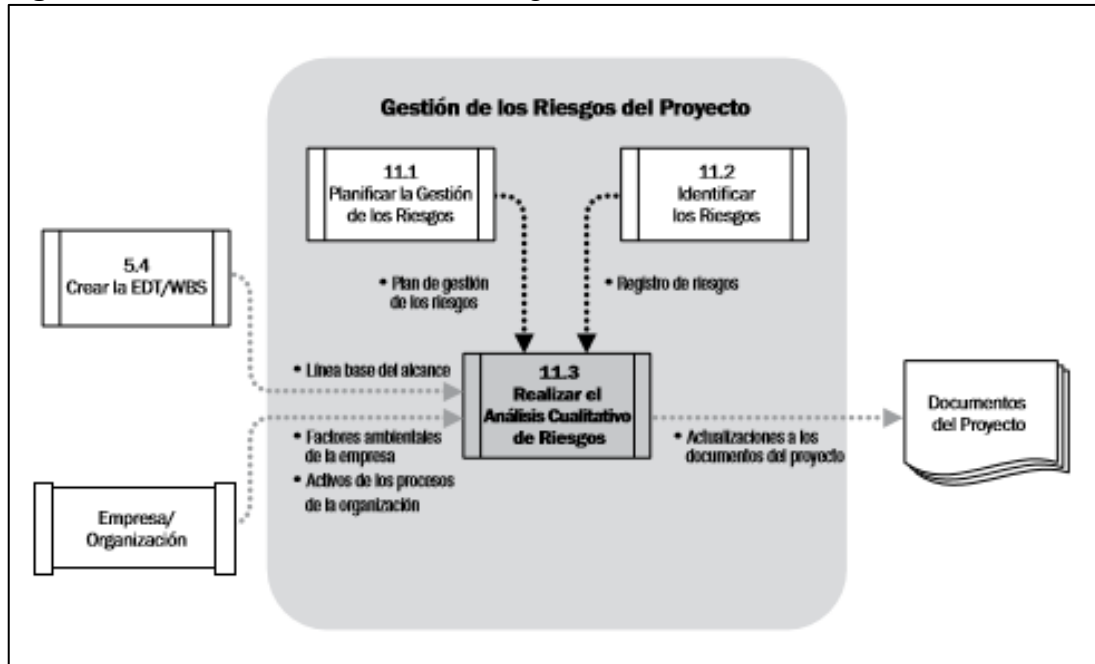
En la **Figura 37**, se observa el diagrama de flujo de datos para el proceso de análisis cualitativo de riesgos.

---

<sup>100</sup> Ibid., p.328.



**Figura 37.** Análisis cualitativo de riesgos



**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 328 p.

Teniendo como entrada el registro de riesgos, el principal objetivo de esta sección es organizar esta información en una Matriz de Probabilidad e Impacto o RAM (Risk Assessment Matrix, siglas en ingles), que consiste en cualificar la probabilidad de materialización y el impacto de cada uno de los riesgos identificados, para de esta forma otorgarles una calificación y finalmente organizarlos de manera ordena en la matriz. Los rangos de calificación para el impacto van de uno a cinco y su calificación depende del impacto que tenga en el costo y en el cronograma del proyecto, ver **Figura 38**.

**Figura 38.** Factores para la identificación impacto

<b>IMPACT</b>	<b>Cost/ Loss of income</b>	<b>Schedule</b>
Very high 5	> 20%	> 30%
High 4	15 - 20%	15 - 30%
Medium 3	7 - 15%	10 - 15%
Medium Low 2	4 - 7%	5 - 10%
Low 1	< 4%	< 5%

**Fuente:** CEPISA, UNIDAD OPERATIVA.:Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015, 19p.

Para las amenazas identificadas en el registro de riesgos y a partir de la información de la tabla anterior, se calificaron los siguientes niveles de impacto, como lo muestra la **Tabla 44**.

**Tabla 44.** Calificación de los niveles de Impacto

Riesgo	Impacto
Variación del precio del petróleo	5
Variación de TRM	4
Interrupción temporal en las operaciones debido a Contacto con grupos al margen de la ley	4
Retraso en los tiempos de movilización debido al Cruce del Rio Charate	4
Interrupción en operaciones debido a paro en comunidad interesada	4
Cancelación del programa debido a consulta popular	5
Retraso en tiempos de adquisiciones y/o obras debido a incumplimiento de contratista	4
Retraso en cronograma debido a incumplimiento de plazos de entrega	4
Perdidas de circulación	3
Embotamiento de broca	2
Inestabilidad del hueco	4
Pega mecánica	5
Pega diferencial	5
Retraso de la operaciones por condiciones climáticas	2
Influjo	4

Para el caso de la probabilidad de ocurrencia su calificación, al igual que el impacto, va de uno a cinco y está en función de que tantas veces puede ocurrir el evento durante el ciclo de vida del proyecto, ver **Figura 39**.

**Figura 39.** Factores para la calificación de la Ocurrencia

<b>Remote 1</b>	Remote chance of happening. Very rare combination of factors
<b>Possible 2</b>	May happen less than once during the facility/proyect lifetime/ considered time period. Rare combinations of factors
<b>Likely 3</b>	Expected to occur in the facility/proyect lifetime/ considered time period.
<b>Very likely 4</b>	Expected to occur several times in facility/proyect lifetime/ considered time period.
<b>Almost certain 5</b>	Occurs once or more per year in the facility/proyect lifetime/ considered time period.

**Fuente:** CEPESA, UNIDAD OPERATIVA. Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015, p.8.

Para determinar la probabilidad de ocurrencia, para cada riesgo identificado se presenta la **Tabla 45**.

**Tabla 45.** Calificación de la probabilidad de ocurrencia

<b>Riesgo</b>	<b>Ocurrencia</b>
Variación del precio del petróleo	2
Variación de TRM	2
Interrupción temporal en las operaciones debido a Contacto con grupos al margen de la ley	3
Retraso en los tiempos de movilización debido al Cruce del Río Charte	4
Interrupción en operaciones debido a paro en comunidad interesada	3
Cancelación del programa debido a consulta popular	2
Retraso en tiempos de adquisiciones y/o obras debido a incumplimiento de contratista	2
Retraso en cronograma debido a incumplimiento de plazos de entrega	2
Perdidas de circulación	3
Embotamiento de broca	3
Inestabilidad del hueco	3
Pega mecánica	2
Pega diferencial	1
Retraso de la operaciones por condiciones climáticas	4
Influjo	3

La calificación global del riesgo, se realiza mediante la combinación del nivel impacto y la probabilidad de ocurrencia, de la siguiente manera:

- Bajo (L)
- Medio Bajo (ML)
- Medio (M)
- Medio Alto (MH)
- Alto (H)

Por medio de esta calificación se posiciona dentro de la RAM, según se representa en la **Figura 40**.

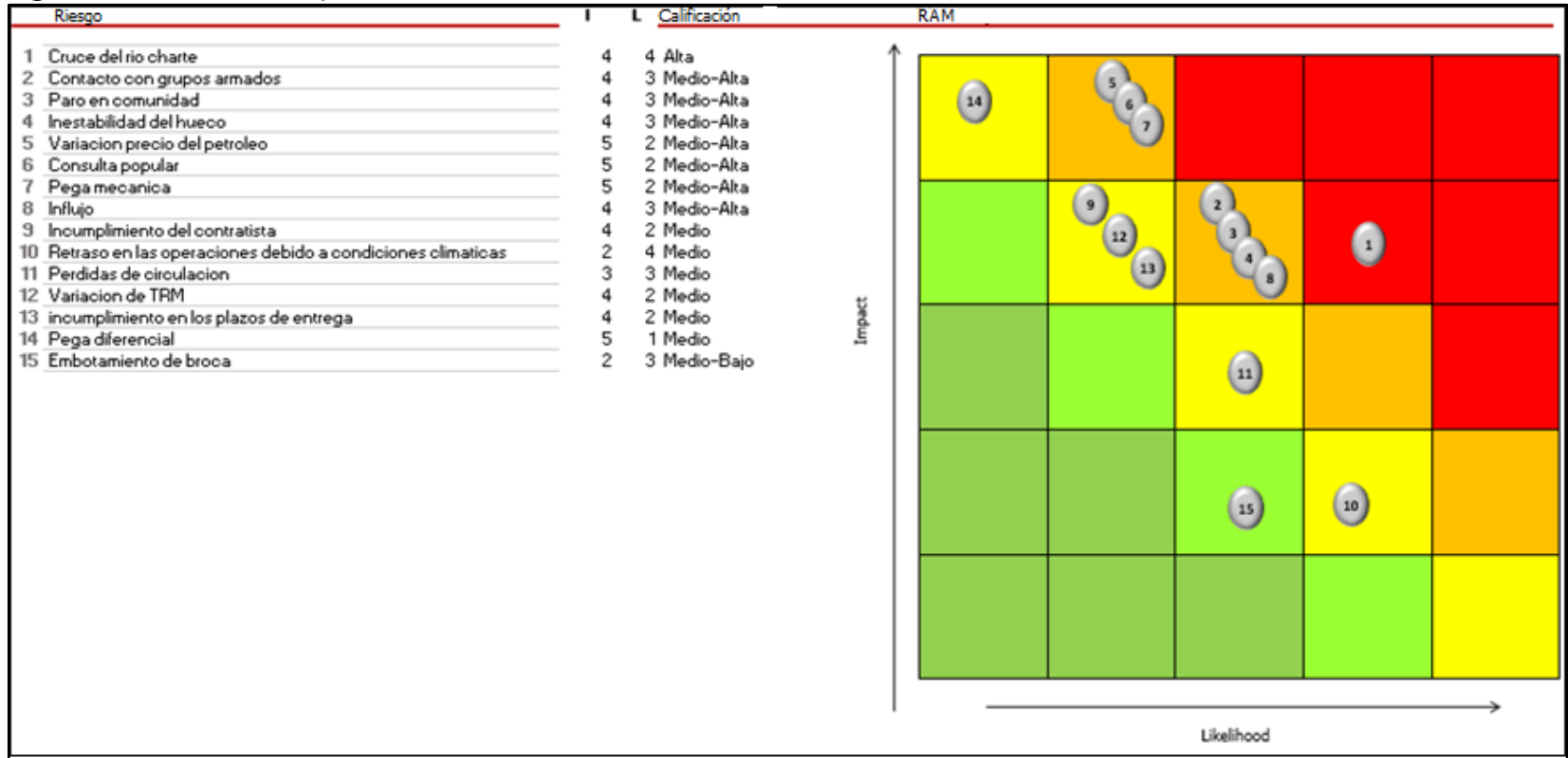
**Figura 40.** Representación en la RAM, con leyenda de colores.

IMPACT	LIKELIHOOD				
	Remote 1	Possible 2	Likely 3	Very likely 4	Almost certain 5
Very high 5	M	MH	H	H	H
High 4	ML	M	MH	H	H
Medium 3	L	ML	M	MH	H
Medium Low 2	L	L	ML	M	MH
Low 1	L	L	L	ML	M

**Fuente:** CEPISA, UNIDAD OPERATIVA.:Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015, 8p.

La **Figura 41**, muestra la RAM, desarrollada.

**Figura 41.** Matriz RAM para la Perforación de Pozo Fénix Sur



## 5. DEFINICIÓN DEL PLAN DE EJECUCIÓN

El plan para la ejecución del proyecto, según lo establece el PMI<sup>101</sup> en el PMBOK, se desarrolla mediante el área de conocimiento de integración, por medio de ésta se agrupan todos los entregables de los procesos realizados en las demás áreas de conocimiento para el grupo de procesos de planificación y su entregable principal es la definición del plan de ejecución del proyecto, PEP.

El énfasis del presente trabajo de grado son las áreas de conocimiento de tiempo, costo y riesgo, donde en primera medida se establece un alcance; sin embargo en este capítulo se describen los planes de gestión para las demás áreas de conocimiento dentro del grupo de procesos de planificación

Haciendo uso de los activos de los procesos de la organización, el PEP se desarrolla según el procedimiento establecido por CEPESA, donde cumple con la siguiente estructura:

- Introducción
  - Descripción de la necesidad que genero el proyecto
  - Antecedentes
- Objetivo
- Descripción del alcance del proyecto
  - Listado y descripción de los entregables del proyecto
  - Alcance no incluido
  - Restricciones y asunciones
- Plan de Ejecución
  - Equipo de Trabajo
- Presupuesto
- Cronograma
- Gestión de Riesgos y Oportunidades

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Se perforó la zona sur del Campo Fénix a causa de corridas de sísmica que pronosticaron la posible acumulación de hidrocarburos en esta área del campo.

Por medio de reuniones realizadas entre las áreas operativas de CEPESA: la coordinación de perforación, la coordinación de responsabilidad integral, la coordinación de evaluación y desarrollo de subsuelo, y la coordinación de

---

<sup>101</sup> Ibid., p.72

ingeniería, se determinaron los parámetros para la perforación del pozo exploratorio, incluyendo que su ejecución se debe desarrollar entre enero a marzo del 2017, esta es la temporada seca en la zona del proyecto.

**5.1.1 Descripción de la necesidad que generó el proyecto.** Mejorar la producción del Campo Fénix para evitar su cierre, tal y como ha sucedido el en Campo Satum, en el año 2015, causando la declinación de la producción acumulada del bloque, generando así la necesidad de aumentar la producción mediante la perforación de nuevos pozos.

**5.1.2 Antecedentes.** CEPSA adquiere el derecho de explorar y producir el Bloque Puntero por medio del contrato de asociación firmado en el año 2009. En un área estimada de 276 km<sup>2</sup>, la compañía ha realizado la construcción de dos grandes campos, Campo Satum y Campo Fénix, en el año 2012 se realizó la perforación de un pozo piloto en el primer campo mencionado, comprobando la acumulación de hidrocarburos. Para el año 2014, comienza la explotación del Campo Fénix y hasta la fecha es el único campo activo del bloque, en la parte norte de este campo se ha encontrado una importante acumulación de hidrocarburos, que por corrida de sísmica se determinó que está se extiende hasta la parte sur del mismo.

## **5.2 OBJETIVO**

- Perforar un pozo que compruebe la acumulación de hidrocarburos en la Formación Mirador.
- Construir una línea de flujo que lleve los fluidos que se puedan producir en el pozo perforado, a las facilidades existentes en el Campo Fénix para su tratamiento.
- Identificar el cierre oportuno del proyecto minimizando los costos en caso de no comprobar la acumulación de hidrocarburos

## **5.3 DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO**

El principal entregable del proyecto es la perforación del Pozo Fénix Sur, de igual forma la construcción de una línea de flujo que transporte los fluidos producidos a las facilidades del área norte del campo. La perforación está constituida por dos importantes entregables de cuarto orden, que son la perforación del pozo de un hueco exploratorio vertical, de dos fases 17 ½" y 12 ¼" con una profundidad verdadera de 7060 pies, según el cronograma desarrollado, la duración de la perforación será de 17 días, con un presupuesto de 1'721,328 USD; igualmente se plantea la perforación de un pozo desviado con una profundidad medida de 10600



pies, que se realiza desde el tapón y abandono del hueco exploratorio, para este pozo de desarrollo se construye una sección de 8 ½", el completamiento de este hueco se realiza con mallas y con una bomba electro sumergible, la duración para esta perforación es de 24 días con un presupuesto de 3'805,198 USD. Los entregables de segundo orden son:

- Obras Civiles,
- Estudios Ambientales,
- Perforación (subdividida por fases) y
- Línea de Flujo.

**5.3.1 Listado de Entregables.** Los principales entregables del proyecto comprenden los grupos de actividades mencionados en el numeral anterior y las subdivisiones que se presentan en los numerales posteriores. De acuerdo al orden de las actividades establecido en el cronograma los entregables se dan por cumplidos una vez se garanticen el óptimo inicio a la actividad subsiguiente.

**5.3.1.1 Obras Civiles.** Está constituido por los procesos necesarios para realizar el diseño y construcción de la vía y la locación del pozo. El área de la locación es de 0.84 hectáreas y las dimensiones de la vía son de 800 m de longitud con un ancho de 6 m.

- Diseño
- Construcción

**5.3.1.2 Ambientales.** Comprende las actividades para la determinación del plan de manejo ambiental y su posterior aprobación ante la corporación ambiental competente.

- Plan de manejo ambiental
- Monitoreo de aguas, aire, suelo.
- Cumplimiento de la normatividad ambiental

**5.3.1.3 Perforación.** La perforación es un grupo complejo de actividades que comprende desde la movilización y arme de equipos hasta el completamiento del pozo. Este grupo, de igual forma se subdivide en las distintas fases diseñadas previamente a la perforación del pozo

- Pre operativos

- Movilización y Arme
- Perforación y Registros
- Completamiento

**5.3.1.4 Línea de Flujo.** En el posible escenario que se encuentre acumulación de hidrocarburos, se tienen establecidas las siguientes actividades, para una línea de flujo soldada de 3 ½” de diámetro.

- Diseños
- Contratos y Compras
- Instalación

**5.3.2 Alcance no incluido.** La planeación para la perforación del Pozo Fénix Sur, no incluye operaciones de instalación o construcción de equipos de facilidades tempranas, de igual forma la realización de prueba extensa.

**5.3.3 Restricciones y Asunciones.** Las restricciones y asunciones para la ejecución del proyecto se agrupan por factores técnicos, sociales y climatológicos.

Desde el punto de vista técnico para la perforación se realizó el PEP bajo las siguientes premisas

- Se asume que el pozo atraviesa una columna estratigráfica tipo de la Cuenca de los Llanos Orientales, constituida por las siguientes formaciones, en orden de la más reciente a la más antigua:
  - Fm Guayabo.
  - Fm León
  - Fm Carbonera (Unidades Operacionales de C1 a C8)
  - Fm Mirador
  - Fm Guadalupe
- Posible acumulación de hidrocarburos en una trampa de tipo estructural de alrededor de 300 m en la Formación Mirador.
- Problemas operacionales en las formaciones, León, Guayabo, Mirador y unidad operacional C5. (tomado para el registro y valoración de riesgos)

De igual forma se asume que la mano de obra no calificada debe ser contratada en su totalidad en la zona de la operación, por consiguiente la movilización se llevará a cabo por medio de cooperativas locales.

Las obras civiles se deben realizar en temporadas de climas secos en la zona, por datos históricos de operaciones realizadas en la zona, se estima que esta temporada es de enero a marzo.

## **5.4 PLAN DE EJECUCIÓN**

La perforación del pozo exploratorio Fénix Sur, se ejecuta desde el inicio con el cumplimiento de las reglamentaciones ambientales, mediante el desarrollo, la presentación y la socialización del plan de manejo ambiental y los procesos necesarios para realizarlo. El entregable de segundo orden de obras civiles se estima la ejecución de los procesos necesarios para el diseño y construcción de la vía y locación. Para la construcción de la vía se requirió de actividades como la localización, el movimiento de tierras y la elaboración de las cunetas, mientras que los procesos para la construcción de la locación fueron la elaboración del cellar, la placa del taladro, la placa de químicos, dique de diésel, cunetas y las trampas de arena y aceite.

La perforación fue subdividida en procesos de movilización & arme, pre operativos, fase de 17 ½”, fase de 12 ¼ “ exploratorio, abandono de hueco, fase de 12 ¼” desarrollo, fase de completamiento; las actividades fueron realizadas según los paquetes de trabajo que se desglosan de estos procesos. Se establecen hitos críticos durante este entregable, debido a que por medio de éste se define la posible acumulación de hidrocarburos, que desencadenaría el desarrollo de actividades subsiguientes como la construcción e instalación de la línea de flujo que llevaría los fluidos producidos a la zona norte del campo

El entregable de línea de flujo se desarrolla en paralelo a la perforación, para que se pueda conectar en el menor tiempo posible al pozo terminado y este no se cierre por mucho tiempo. Los diseños de línea de flujo, que es el primer entregable, se comienza a realizar el mismo día que se inicia la elaboración del plan de pozo, se planea de esta forma debido a que los plazos de entrega de la instrumentación comprenden 120 días, y alarga demasiado el cronograma, por ello desde fases tempranas del proyecto se comienzan a realizar los diseños de la línea de flujo. Las últimas actividades que se realizan de forma simultánea, es la suscripción y firma del contrato, y finalización del completamiento. Por la naturaleza de las adquisiciones de línea de flujo no se puede traslapar la finalización del completamiento con la terminación de la línea de flujo, el completamiento se termina el 16 de abril del 2017, mientras que la construcción de la línea termina el 19 de Octubre del 2017, que serían 186 días de cierre del pozo.

**5.4.1 Equipo de Trabajo.** Ésta sección del PEP, hace referencia a la planificación de la gestión de los recursos humanos, mediante esta se identifican y documentan la responsabilidad de cada área. El entregable de este proceso es el organigrama

del proyecto con roles y responsabilidades identificadas en él. La asignación de actividades se otorga dependiendo al área de experticia de cada área.

Para desarrollar este proceso se establece una matriz RACI (Responsable de ejecución, A: Responsable último, C: Persona a Consultar, I: Persona a Informar). El PMI<sup>102</sup> describe que se utiliza para mostrar la relación entre las actividades y los miembros del equipo del proyecto. En proyectos, como el presente, de alto nivel las responsabilidades, se asignan a grupos o unidades de trabajo. Mediante la matriz se especifican responsables únicos, para evitar confusión de roles. La matriz se realiza bajo la estructura de la **Tabla 46**.

**Tabla 46.** Ejemplo de Matriz RACI

Matriz RACI	Persona				
	Ana	Benjamín	Carlos	Dina	Eduardo
Desarrollar el acta de constitución	A	R	I	I	I
Recopilar requisitos	I	A	R	C	C
Enviar solicitud de cambio	I	A	R	R	C
Desarrollar el plan de pruebas	A	C	I	I	R

**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 262 p.

CEPSA al ser una compañía operadora, la realización de los procesos son responsabilidad de las compañías que contrata, como la perforación, la toma de registros, la cementación y la ingeniería de fluidos, sin embargo la responsabilidad última de la ejecución del proceso corresponde a las distintas áreas de la compañía. La matriz RACI o de asignación de responsabilidades se puede ver en el **Anexo E**, asignando los procesos y actividades a los interesados internos del proyecto.

---

<sup>102</sup> Ibid., p.262.

**5.4.2 Metodología de Gestión de Adquisiciones.** La gestión de adquisiciones es un área de conocimiento para el PMI<sup>103</sup>, donde se establecen los procesos necesarios para la compra y adquisición de productos, servicios o resultados, que se tienen que obtener por fuera del equipo del proyecto. Dentro del grupo de procesos de planificación, la actividad se denomina “planificar la gestión de adquisiciones”, mediante este se define si es necesario obtener recursos externamente y de ser así, la forma como se realizan las adquisiciones del proyecto.

**5.4.2.1 Tipos de Adquisiciones.** Para describir el plan de gestión de las adquisiciones, se definen previamente los tipos de adquisiciones utilizados para este plan de ejecución:

- **Contratos marco:** Los contratos marco, para UNECE<sup>104</sup> (United Nations Economic Commission for Europe, siglas en inglés) deberían ser utilizados para relaciones comerciales de largo plazo. Se establece entre un proveedor de productos y un cliente que fija las condiciones técnicas y del negocio. Se utilizan para el suministro rápido de mercancías que tienen un uso general. La UNECE, establece medidas para la facilitación de procedimientos de comercio internacional, estas están constituidas por una serie de recomendaciones, donde está avalado los contratos marco.
- **Licitación privada:** “Es el procedimiento de contratación en el que intervienen como oferentes las personas o entidades expresamente licitadas por la organización”<sup>105</sup>

Las adquisiciones se realizan de la siguiente forma, como lo muestra la **Tabla 47**, donde se presentan todos los entregables hasta el tercer nivel, para los grupos de actividades que requieran la identificación de distintos tipos de adquisiciones dentro de paquetes de trabajo específicos, se muestran entregables de cuarto nivel. Para el numeral **1.2.3 de Perforación y Registros**, se agrupan las actividades por áreas, como la perforación, ingeniería de fluidos, registros eléctricos y cementación. Las actividades que no aparecen en la tabla, son procesos que no requieren la adquisición de servicios, son realizados por las distintas áreas de CEPESA. Entre los entregables de tercer y cuarto orden, se identifican los tipos de adquisición para cada uno. CEPESA adquiere contratos marco con compañías de servicios y productos, fijan un periodo de tiempo definido y establecen una lista de servicios y

---

<sup>103</sup> *Ibíd.*, p.355.

<sup>104</sup> UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. Recommendation 18 In Facilitation Measures Related to International Trade Procedures. Paris .: UNECE Publications, 2009. p.3.

<sup>105</sup> HEREDIA, NOHORA. GERENCIA DE COMPRAS LA NUEVA ESTRATEGIA COMPETITIVA. 2 ed. Bogotá D.C.: ECOE EDICIONES, 2013. pag.291.

productos, que podrán ser adquiridos a lo largo del éste periodo por medio de órdenes de compra. La adquisición de válvulas, tuberías e instrumentación, se realiza por ambos tipos de adquisición, debido a que realiza la mayor parte de la compra por medio de los contratos “marco” vigentes, todo producto o servicio que no esté contemplado dentro de los contratos marco son licitados.

**Tabla 47.** Plan de Adquisiciones del Proyecto

<b>Cód. Actividad</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tipo de Adquisición</b>
<b>1</b>	<b>PERFORACIÓN FENIX SUR EXPLORATORIO</b>	
<b>1.1</b>	<b>AMBIENTALES</b>	
<b>1.1.1</b>	<b>ESTUDIOS PMA</b>	
1.1.1.1	MONITOREO DE AGUAS CALIDAD DE RUIDO	CONTRATO MARCO VIGENTE
<b>1.2</b>	<b>PERFORACIÓN</b>	
<b>1.2.1</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y ARME</b>	
1.2.1.1	MOVILIZACIÓN	LICITACIÓN PRIVADA
1.2.1.2	ARME	LICITACIÓN PRIVADA
<b>1.2.2</b>	<b>PRE OPERATIVOS</b>	
<b>1.2.3</b>	<b>PERFORACIÓN Y REGISTROS</b>	
	PERFORACIÓN (EQUIPO DE PERFORACIÓN)	LICITACIÓN PRIVADA
	INGENIERÍA DE FLUIDOS	CONTRATO MARCO VIGENTE
	REGISTROS ELÉCTRICOS	CONTRATO MARCO VIGENTE
	INGENIERIA DIRECCIONAL	CONTRATO MARCO VIGENTE
	SERVICIOS DE CEMENTACIÓN	CONTRATO MARCO VIGENTE
<b>1.3</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>	
<b>1.3.1</b>	<b>DISEÑOS</b>	CONTRATO MARCO VIGENTE
<b>1.3.2</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	LICITACIÓN PRIVADA
<b>1.4</b>	<b>LINEA DE FLUJO</b>	
<b>1.4.1</b>	<b>DISEÑO</b>	
1.4.1.1	INGENIERÍA	CONTRATO MARCO VIGENTE
<b>1.4.2</b>	<b>CONTRATOS Y COMPRAS</b>	
1.4.2.6	APROBACIÓN DE LA ADQUISICIÓN TUBERIA Y VALVULAS	CONTRATO MARCO VIGENTE / LICITACIÓN PRIVADA
1.4.2.15	APROBACIÓN DE LA ADQUISICIÓN INSTRUMENTACIÓN	CONTRATO MARCO VIGENTE/ LICITACIÓN PRIVADA
<b>1.4.3</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	LICITACIÓN PRIVADA

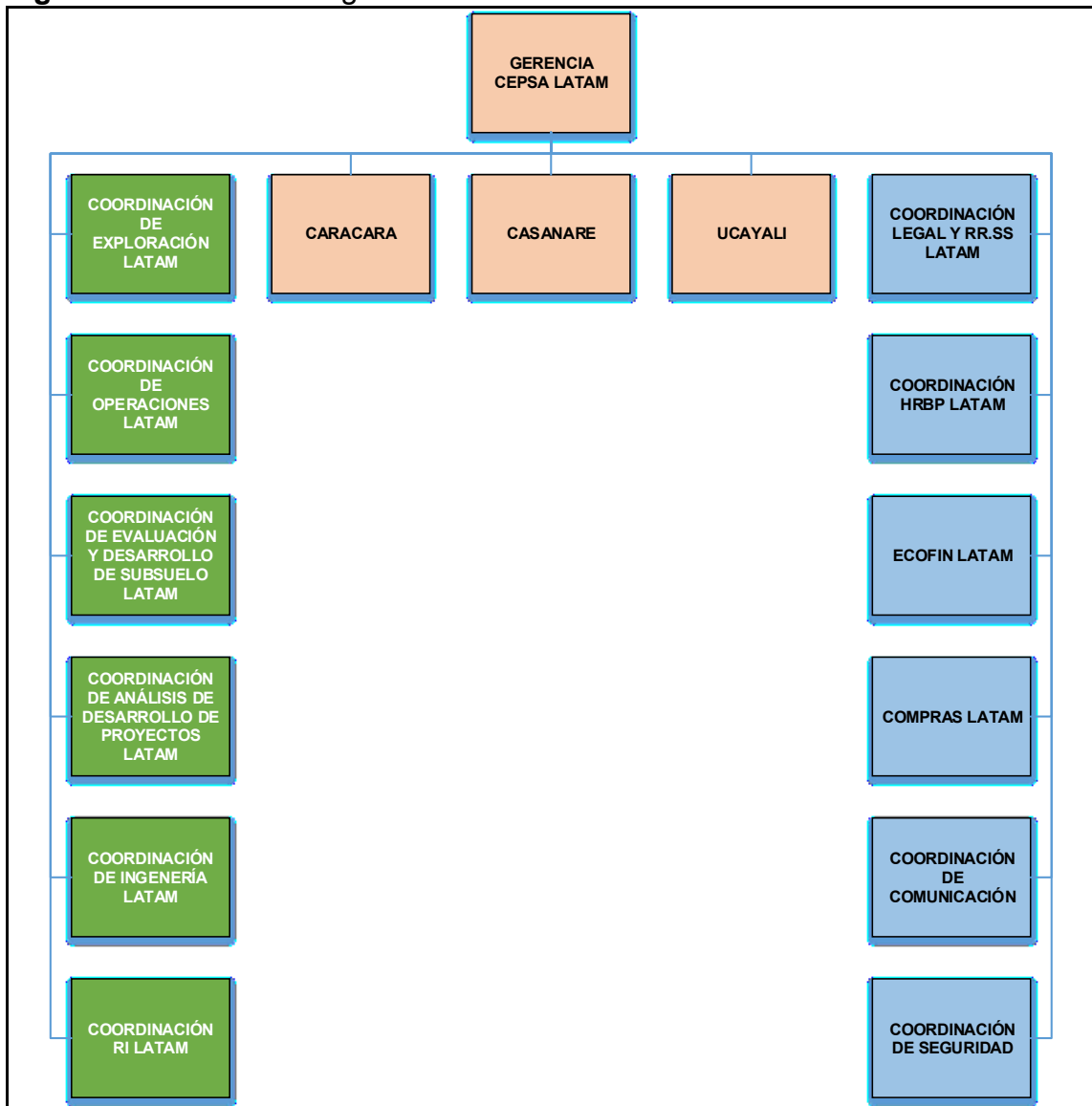
**5.4.3 Planificación de la gestión de interesados.** Según el PMI<sup>106</sup>, la gestión de interesados, requiere los procesos necesarios para identificación de las personas, grupos u organizaciones que afectan o pueden ser afectados por el desarrollo del proyecto; para el grupo de procesos de planificación, se requiere el desarrollo de estrategias de gestión adecuadas para lograr una participación precisa de los interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto, analizando su percepción hacia el desarrollo de este y el impacto que tengan.

Para establecer el plan de la gestión de interesados, se comienza describiendo factores ambientales de la compañía, como lo representa la **Figura 42**, donde se muestra la estructura organizacional de CEPESA. Dentro de la misma compañía se refiere a interesados internos del proyecto. La percepción de la ejecución del proyecto, dentro de la misma compañía no va ser la misma a lo largo de todo el esquema organizacional, debido a que algunas áreas estarán más interesadas que otras por su afinidad hacia el proyecto, de igual forma el grado de impacto con la ejecución de mismo afecta de distinta manera a cada área de la compañía.

---

<sup>106</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos. p.303.

**Figura 42.** Estructura Organizacional CEPESA

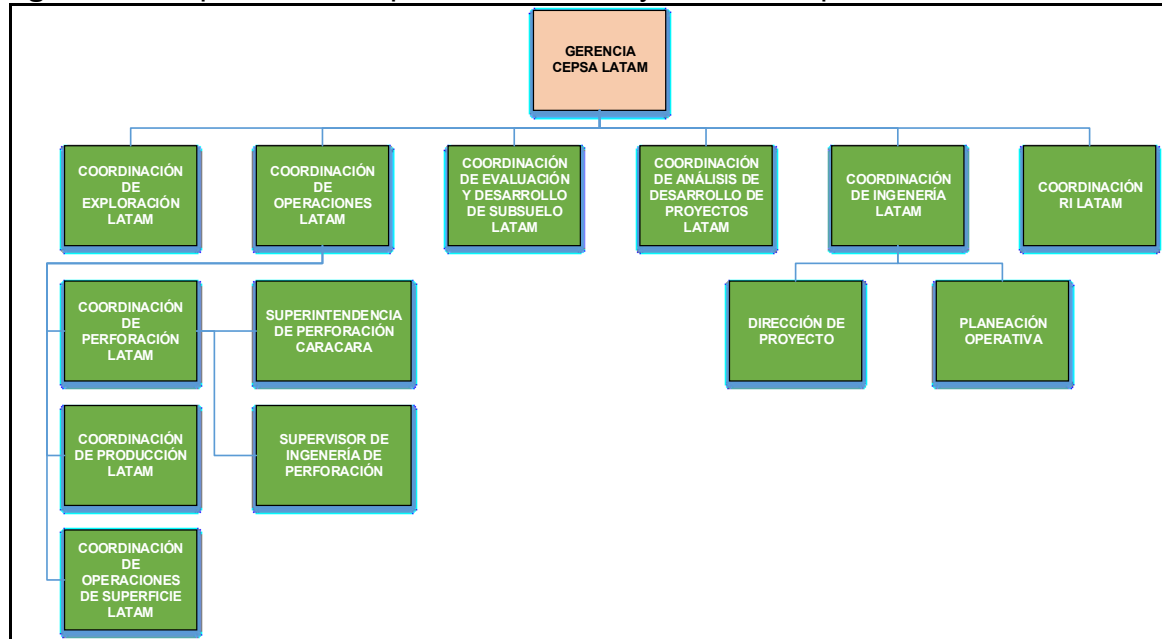


**Fuente:** CEPESA LATAM. Organigrama Aprobado. [Diapositivas] Bogotá. CEPESA, 2016, 1p. 11 diapositivas, color.

En el **Figura 43**, se detallan áreas operacionales influyentes dentro del proyecto.



**Figura 43.** Dependencias operacionales influyentes en la perforación de Fénix Sur

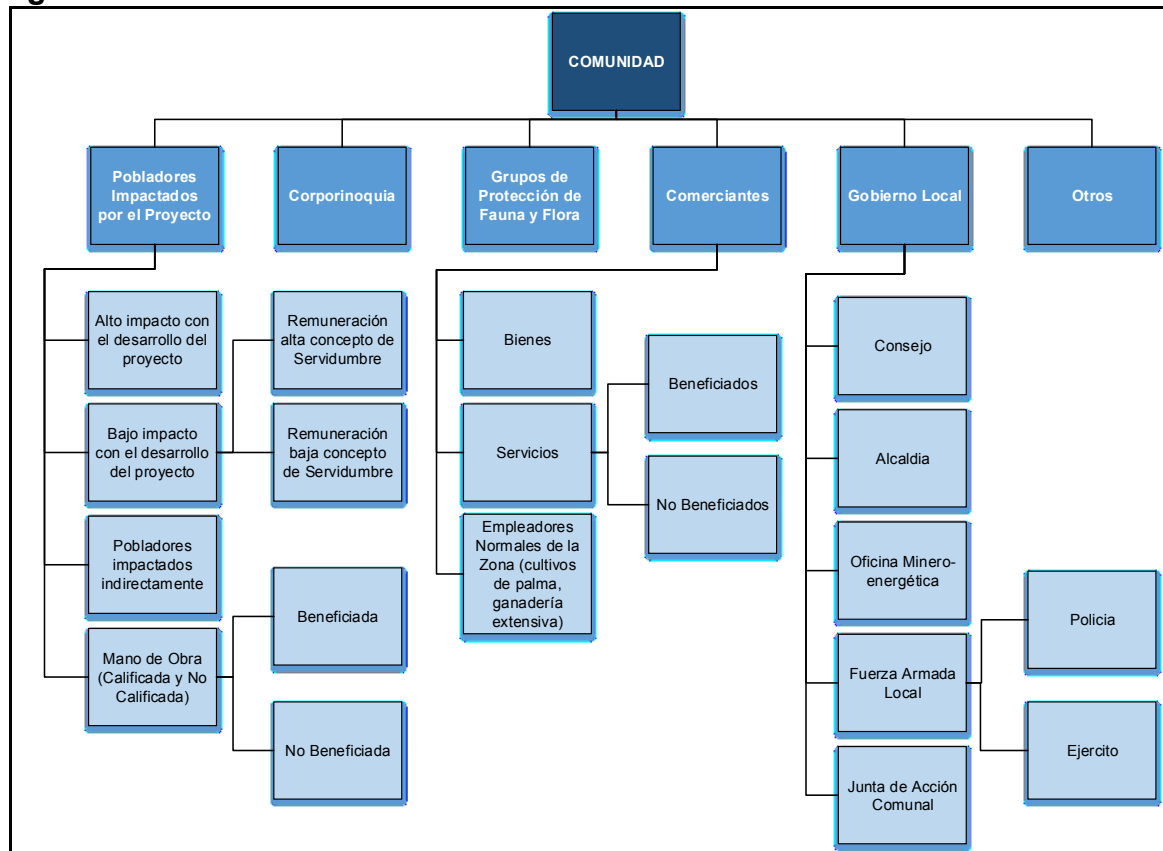


**Fuente:** CEPASA LATAM. Organigrama Aprobado. [Diapositivas] Bogotá. CEPASA, 2016, p. 1- 5. 11 diapositivas, color. Modificada por los autores

La planificación de la gestión de interesados, para las comunidades que habitan la zona cercana donde se realizó la perforación del Pozo Fénix, requirió de un análisis profundo, partiendo de la clasificación como lo muestra la **Figura 44**. La comunidad es dividida según aspectos sociales, económicos, y políticos, primero se identifican la grupos de la comunidad impactados por el desarrollo de la perforación, a su vez estos están subdivididos en alto impacto, bajo impacto, mano de obra y pobladores afectados indirectamente por el desarrollo del proyecto, por ejemplo veredas por donde se desarrollen actividades de movilización.

Luego aparece Corporinoquia, que es la corporación ambiental regional que opera en el área donde se realiza el proyecto; luego se muestran las organizaciones de protección de fauna y flora; el grupo de comerciantes agrupa aquellos pobladores que desarrollan actividades económicas en la población con el suministro de bienes o servicios, además de aquellos empleadores normales de la zona como cultivadores de palma y ganaderos; se identifica la participación del gobierno local, subdividido en el consejo, la alcaldía, la oficina minero-energética, la fuerza armada local y la junta de acción comunal. Por ultimo aparece la categoría de otros, donde se agrupan aquellos miembros de la comunidad que por sus características sociales, políticas y económicas no hacen parte de los grupos ya mencionados.

**Figura 44.** Clasificación de interesados de la comunidad



Para el plan de gestión de interesados, PMI<sup>107</sup> en el PMBOK se establecen técnicas analíticas para comparar el nivel de participación de interesados con el nivel requerido para completar la ejecución del proyecto. Además se determina una matriz de evaluación de la participación de los interesados, que utiliza las siguientes calificaciones:

- **Desconocedor:** Desconocedor del proyecto y sus impactos potenciales.
- **Reticente:** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y reticente al cambio
- **Neutral:** Conocedor del proyecto, aunque ni lo apoya ni es reticente
- **Partidario:** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y apoya el cambio.
- **Líder:** Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y activamente involucrado en asegurar el éxito del mismo

<sup>107</sup> Ibid., p.402.

La Matriz de Evaluación representa la participación actual y deseada de cada interesado como muestra la **Tabla 48**, donde “C” indica la participación actual y “D” la participación deseada.

**Tabla 48.** Matriz para la Evaluación de participación de los interesados

Interesado	Desconocedor	Reticente	Neutral	Partidario	Líder
Interesado 1	C			D	
Interesado 2			C	D	
Interesado 3				D C	

**Fuente:** PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. 403 p.

La Matriz de evaluación para la perforación del Pozo Fénix Sur se muestra en el **Anexo F**. Se identifican en la matriz otros interesados externos importantes para el desarrollo del proyecto como son las agencias gubernamentales, como lo son la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

**5.4.4 Plan de Gestión de las Comunicaciones.** Es el proceso que define el procedimiento y el plan a seguir, para establecer las comunicaciones del proyecto, según las necesidades del mismo y los activos de la organización. Una vez definidos los interesados, se desarrolla el plan de gestión de comunicación, que debe cumplir con los siguientes requisitos, según lo establece el PMI<sup>108</sup>:

- El motivo de suministro de dicha información.
- El plazo y frecuencia para la distribución de la información requerida
- Persona responsable de comunicar la información
- La persona responsable de autorizar la divulgación de información confidencial
- Persona o Grupos que reciban la información
- Métodos o tecnologías utilizados para transmitir la información

---

<sup>108</sup> *Ibíd.*, p.296.

La planificación de gestión de comunicaciones se establece mediante un modelo propuesto por los autores para la columna de frecuencia se utiliza la letra “D”, para una comunicación diaria, la letra “E”, para una eventual; el tipo de comunicación se expresa por medio de las letras “E”, “R” e “I”, “E” hace referencia a la utilización de correo electrónico, “R” significa reunión e “I” es informe para el presente proyecto se muestra su desarrollo en la **Tabla 49**.

**Tabla 49. Planificación de Comunicaciones**

Número de esquema	Nombre de tarea	Frecuencia	Medio	Interesado Responsable		
				Destinatario	Emisor	Autoriza
<b>1</b>	<b>PERFORACIÓN FENIX SUR EXPLORATORIO</b>					
<b>1.1</b>	<b>AMBIENTALES</b>					
<b>1.1.1</b>	<b>ESTUDIOS PMA</b>					
1.1.1.1	MONITOREO DE AGUAS CALIDAD DE RUIDO	E	E	Interesados Internos de la CEPSA Comunidad Pobladores Impactados, Gobierno Local, Corporación Ambiental	Contratistas de su elaboración	Coordinación RI
1.1.1.2	ELABORACIÓN DEL PMA	E	E	Interesados Internos de la compañía, Comunidad Pobladores Impactados, Gobierno Local, Corporación Ambiental	Coordinación RI	CASANARE
1.1.1.3	RADICACIÓN EN COORPORACIÓN	E	I	Corporinoquia, ANLA	Coordinación RI	CASANARE
1.1.1.4	SOCIALIZACIÓN	E	R	Comunidad	Coordinación RI	CASANARE
1.1.1.5	INTERVENTORÍA SOCIAL	E	R	Comunidad	Coordinación RI	CASANARE
<b>1.2</b>	<b>PERFORACIÓN</b>					
<b>1.2.1</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y ARME</b>					
1.2.1.1	MOVILIZACIÓN	D	E	Interesados internos de CEPSA, Pobladores Impactados por el proyecto, Fuerza Armada	COMPANY MAN	Supervisor de Ingeniería de Perforación
1.2.1.2	ARME	D	E	Interesados internos de CEPSA, Pobladores Impactados por el proyecto, Fuerza Armada	COMPANY MAN	Supervisor de Ingeniería de Perforación
<b>1.2.2</b>	<b>PRE OPERATIVOS</b>					
1.2.2.1	DISEÑO DE POZO	E	E	Coordinación de Análisis de desarrollo de Proyectos	Ingeniero de Operaciones	Supervisor de ingeniería de Perforación
1.2.2.2	PLAN DE POZO	E	E	Coordinación de Análisis de desarrollo de Proyectos	Ingeniero de Operaciones	Supervisor de ingeniería de Perforación
1.2.2.3	FORMA 7CR	E	M	ANH	Ingeniero de Operaciones	COORDINACIÓN LEGAL R.R.S.S.
<b>1.2.3</b>	<b>PERFORACIÓN Y REGISTROS</b>					
1.2.3.1	PERFORACIÓN FASE 17 1/2 (32'- 1200')	D	E	Interesados Interno del Proyecto	Coordinación de Perforación	Company man
1.2.3.2	FASE DE 12 1/4", HUECO EXPLORATORIO	D	E	Interesados Interno del Proyecto	Coordinación de Perforación	Company man
1.2.3.3	ABANDONO HUECO PILOTO	D	E	Interesados Interno del Proyecto	Coordinación de Perforación	Company man
1.2.3.4	FASE DE 12 1/4", DESARROLLO	D	E	Interesados Interno del Proyecto	Coordinación de Perforación	Company man
1.2.3.5	FASE DE 8 1/2"	D	E	Interesados Interno del Proyecto	Coordinación de Perforación	Company man
1.2.3.6	FASE COMPLETAMIENTO	D	E	Interesados Interno del Proyecto	Coordinación de Perforación	Company man
<b>1.3</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>					

**Tabla 49** (continuación)

Número de esquema	Nombre de tarea	Frecuencia	Medio	Interesado Responsable		
				Destinatario	Emisor	Autoriza
1.3.2	CONSTRUCCIÓN	E	R	Coordinación de Ingeniería, Coordinación de Análisis de desarrollo de Proyectos, Coordinación de Perforación, Comunidad Impactada por el desarrollo del proyecto	Contratistas de su elaboración	Contratistas de su elaboración
1.4	LINEA DE FLUJO					
1.4.1	DISEÑO	E	E	Coordinación de Ingeniería, Coordinación de Análisis de desarrollo de Proyectos, Coordinación de Producción	Contratistas de su elaboración	
1.4.2	CONTRATOS Y COMPRAS	E	E	Coordinación de Ingeniería, Coordinación de Análisis de desarrollo de Proyectos	Coordinación de Producción	COORDINACIÓN LEGAL R.R.S.S.
1.4.3	CONSTRUCCIÓN	D	E	Interesados internos de CEPESA, Comunidad Impactada por el Proyecto	Contratistas de su elaboración	Contratistas de su elaboración

## 5.5 PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto se muestra en la **Tabla 50**, como se desarrolló en el numeral 4.2 Estimación de costos, e incluye un monto para contingencia de riesgos.

**Tabla 50. Determinación de presupuesto incluyendo contingencia de riesgo**

Entregable	Costo (USD)
Ambientales (Monitoreo de aguas, aire, suelo; elaboración del PMA)	\$ 91,169
Obras civiles (Movilización y arme)	\$ 832,668
Pre-operativos (Diseño, plan de pozo y forma 7CR)	\$ 350,000
Movilización y arme (Movilización y arme de equipos)	\$ 987,532
Perforación fase 17-1/2"	\$ 344,745
Perforación fase 12-1/4"	\$ 1,131,106
Perforación fase Tapón y abandono	\$ 245,477
Perforación fase de desarrollo 12-1/4"	\$ 2,097,649
Perforación fase 8-1/2"	\$ 302,682
Completamiento inferior	\$ 328,985
Completamiento superior	\$ 1,075,882
Línea de flujo	\$ 514,540
Contingencias	\$ 415,121
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 8,717,556</b>

## **5.6 CRONOGRAMA**

El cronograma del proyecto se encuentra en el **Anexo A**

## **5.7 GESTIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES**

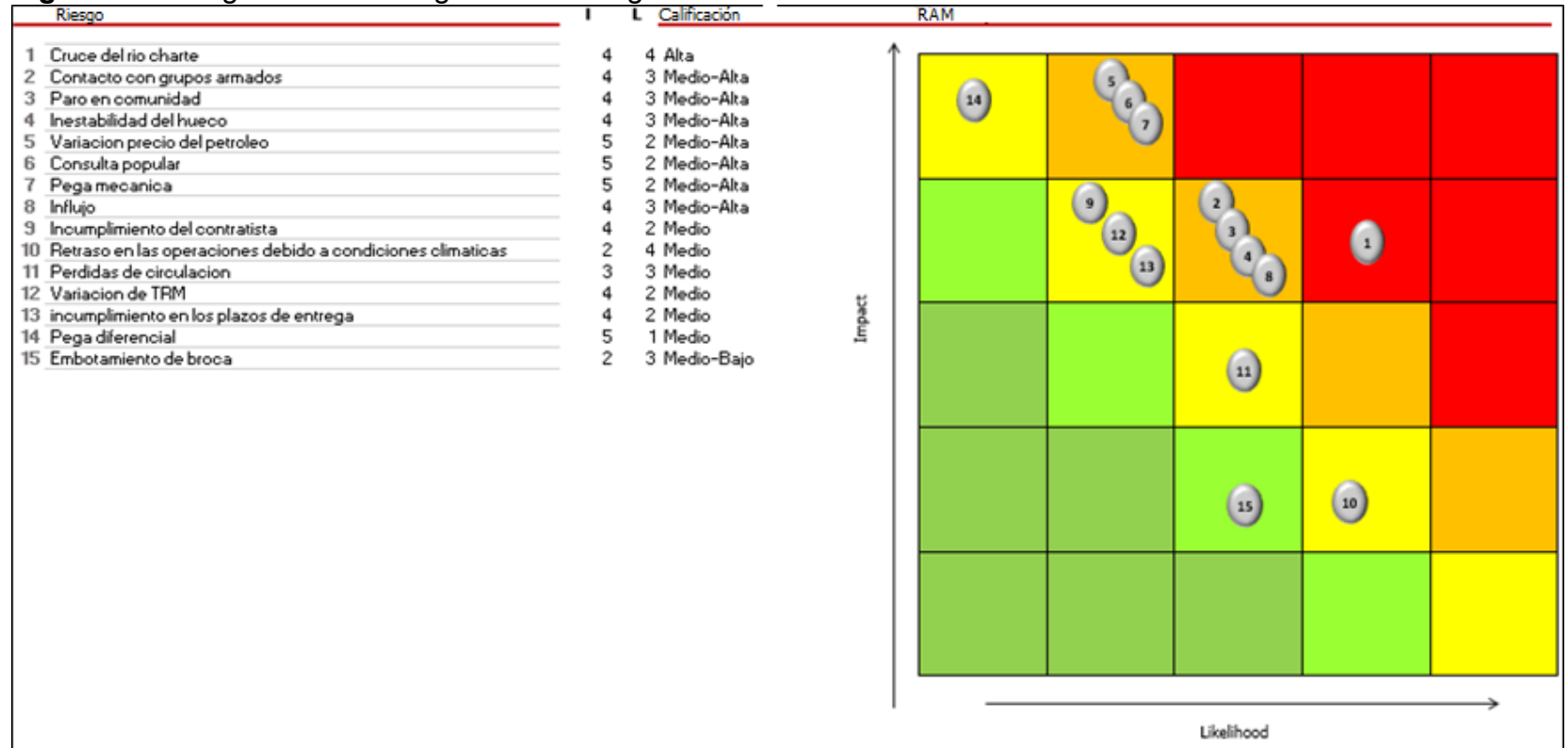
La gestión de riesgos se puede ver en la **Tabla 51**, y la evaluación de los riesgos identificados antes de gestionar la mitigación se puede ver en la **Figura 45**, y la gestión de riesgos luego de la mitigación se puede observar en la **Figura 46**.

**Tabla 51. Gestión de Mitigación de Riesgo**

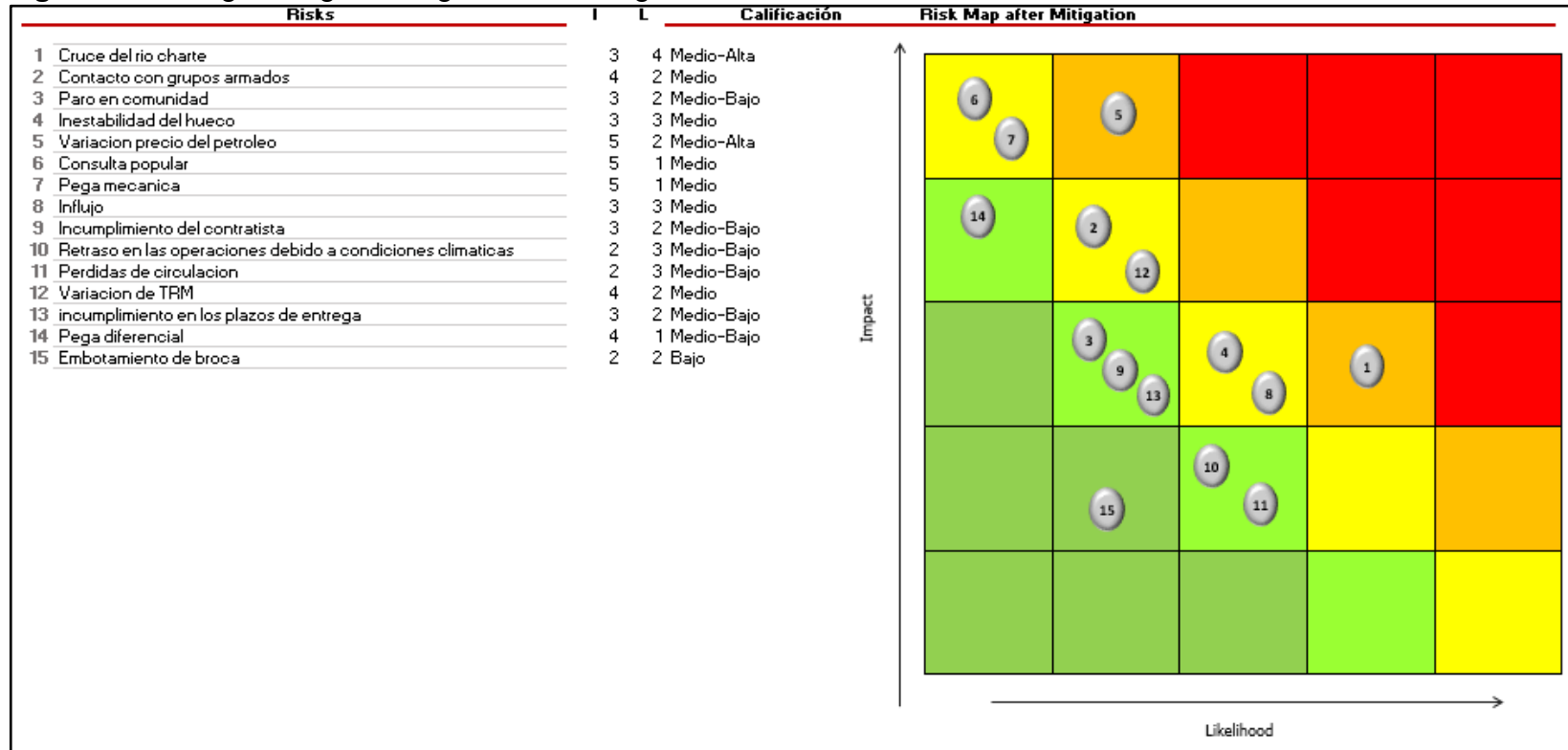
Riesgo		EÇstrategia	Impacto	Probabilidad	Calificación
Cruce del rio charte	Mitigar	Asignar presupuesto de contingencia para cumplir con riegos en via alterna, tener en cuenta en cronograma	3	4	Medo-alta
Contacto con grupos armados	Mitigar Transferir	Mantener contacto con las autoridades competentes	4	2	Medio
Paro en comunidad	Mitigar	Asignar presupuesto de contingencia para cumplir con requerimientos de la comunidad, tener en cuenta en cronograma	3	2	Medio-baja
Inestabilidad del hueco	Mitigar	Mantener las propiedades del fluido, asignar presupuesto para contingencias	3	3	Medio
Variación precio del petróleo	Aceptar		5	2	Medio-alta
Consulta popular	Mitigar	Informar de forma clara a la comunidad sobre las operaciones a realizar, asignar presupuesto para contingencias	5	1	Medio
Pega mecánica	Mitigar	Garantizar la limpieza del hueco, asignar presupuesto para contingencias, mantener aditivos en locación	5	1	Medio
Influjo	Mitigar Transferir	Asegurar la claridad de las operaciones de control de pozo, se transfiere a la cuadrilla de perforación	3	3	Medio
Incumplimiento del contratista	Mitigar	Comunicación constante con el contratista, tener en cuenta en el cronograma	3	2	Medio-baja
Retraso en las operaciones por condiciones climáticas	Aceptar		2	3	Medio-baja
Perdidas de circulación	Mitigar	Controlar el filtrado, Asignar presupuesto para contingencias, mantener aditivos en locación	2	3	Medio-baja
Variación de TRM	Aceptar		4	2	Medio
Incumplimiento en los plazos de entrega	Mitigar	Comunicación constante con el contratista, tener en cuenta en el cronograma	3	2	Medio-baja
Pega diferencial	Mitigar	Monitorear la presión hidrostática con respecto a la formación, sostener las propiedades del fluido, asignar presupuesto para contingencias, mantener aditivos en locación	4	1	Medio-baja
Embotamiento de broca	Mitigar	Garantizar la limpieza del hueco, asignar presupuesto para contingencias, mantener aditivos en locación	2	2	Baja



**Figura 45.** Riesgos antes de la gestión de mitigación



**Figura 46.** Riesgos luego de la gestión de mitigación.



## 6. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE EJECUCIÓN

El Pozo Fénix- sur, fue perforado durante los meses de marzo y abril de 2017, de acuerdo al plan de ejecución definido en el capítulo anterior, en este numeral se presentará una descripción de cómo se llevó a cabo la operación de movilización y perforación, a partir de los tiempos y costos, tanto planeados como de ejecución, y los riesgos materializados, a través de los informes diarios realizados por CEPESA en la locación, con el objetivo de verificar la validación del presente trabajo. De igual manera se presenta el estado mecánico final del hueco exploratorio y una comparación del presupuesto del plan de ejecución con los costos reales de la perforación.

### 6.1 MOVILIZACIÓN Y ARME

La movilización del taladro inicio el 10 de marzo, con la tarea de llevar a la locación previamente construida 240 cargas, durante los tres primeros días esta operación fue llevada a cabo con normalidad. El día 14 de Marzo con 66 cargas movilizadas en locación se materializa el riesgo identificado por el cruce del rio Charte, esto debido a transito restringido en el cruce provisional éste, dejando como impacto, retrasos en la operación, se decide tomar ruta alterna de acuerdo a la gestión de riesgos, a partir del 20 de Marzo se presentan bloqueos en la ruta alterna por parte de las comunidades de Guineo, Guamal, Esmeralda y Charte, con el resultado de tres cargas paradas en esta ruta, las comunidades demandaban adecuación de vía y riegos periódicos en esta.

El 21 de marzo se presentaron fuertes lluvias por lo que se suspendió la operación, para este día las cargas paradas en el bloqueo, reciben órdenes de devolverse a la Ciudad de Yopal y aguardar allí por instrucciones, para el día 23 de Marzo se movilizan dos cargas de las que esperaban instrucciones en Yopal y se tienen incidentes de hundimiento de dos cabinas en la locación por lluvias fuertes

La operación transcurre con normalidad del 27 de marzo al 3 de Abril, día en el que finaliza la movilización de las 240 cargas.

En la **Tabla 52**, se puede observar los tiempos y costos asociados con la operación de movilización y arme

**Tabla 52.** Tiempos y Costos para la movilización y arme

Tiempo (Planeación Días)	Tiempo (Ejecución Días)	Costos (Planeación, USD)	Costos (Ejecución, USD)
20	24	\$987.532	\$866.357

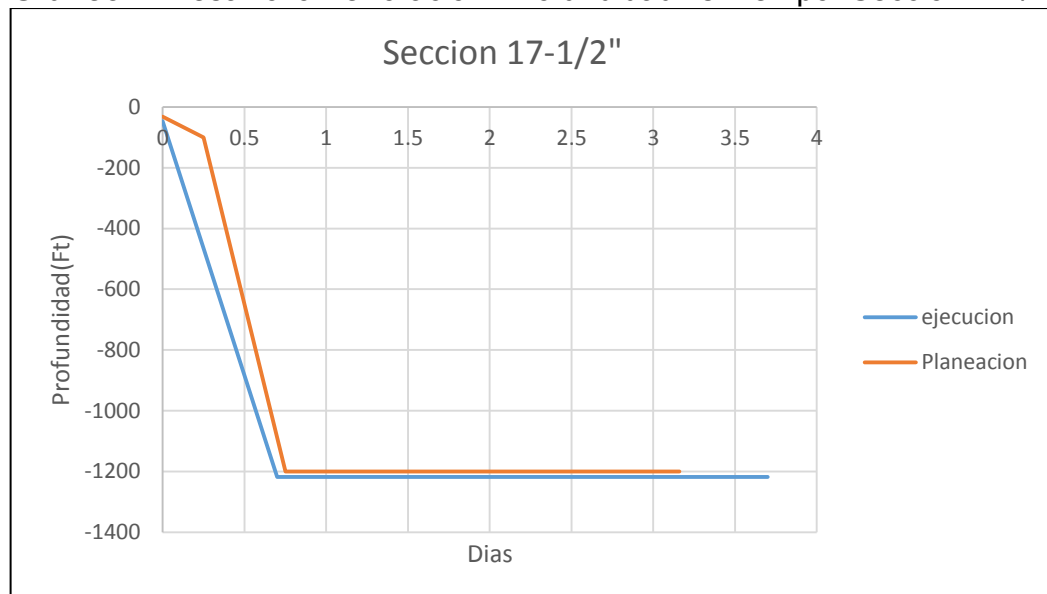
## 6.2 PERFORACIÓN Y REGISTROS

A partir del día 3 de Abril, comienzan las operaciones de perforación de la sección de superficie del Pozo Fénix-Sur, a continuación se realiza la descripción del trabajo realizado por fases del pozo

**6.2.1 Sección 17-1/2"** La perforación de esta sección se realizó en 15 horas, es decir 0,7 días, alcanzando una profundidad medida de 1218 pies sin contratiempos, el día 4 se realiza la corrida de casing y el 5 se realiza el trabajo de cementación, el 6 de abril se realiza RIH de la sarta para perforar la siguiente sección.

En la **Gráfico 4**, se puede observar el avance de perforación profundidad vs tiempo

**Gráfico 4.** Desarrollo Perforación. Profundidad vs Tiempo. Sección 17 1/2"



En la **Tabla 53**, están contenidos los costos tanto de ejecución como de planeación de la sección de 17-1/2", se puede observar un aumento en los costos de ejecución con respecto a los de planeación, esto debido a dos días de pago de contrato de taladro adicional.

**Tabla 53.** Comparación de costos para la planeación y ejecución. Para la fase de 17 1/2"

Costos (Ejecución) USD	Costos (Planeación) USD
\$398.124	\$344.745

**6.2.2 Sección 12-1/4” piloto.** La perforación de esta sección da inicio el 7 de abril, día en el cual se alcanza una profundidad medida de 2216 pies en la Formación Guayabo, El 8 de abril se perforó a través de la misma formación hasta 3345 pies MD (profundidad medida), se adicionaron aditivos al fluido de perforación en el sistema activo para mitigar el embotamiento de broca.

El 9 de abril se continuó con la perforación de la sección de manera regular hasta alcanzar una de 4471 pies MD en la formación guayabo, se bombeo píldora de alta viscosidad para limpiar el hueco.

El día 10 de abril se continúa perforando, encontrando el tope de la Formación León a 4602 pies de profundidad medida, este día se alcanza una profundidad de 5418 pies MD

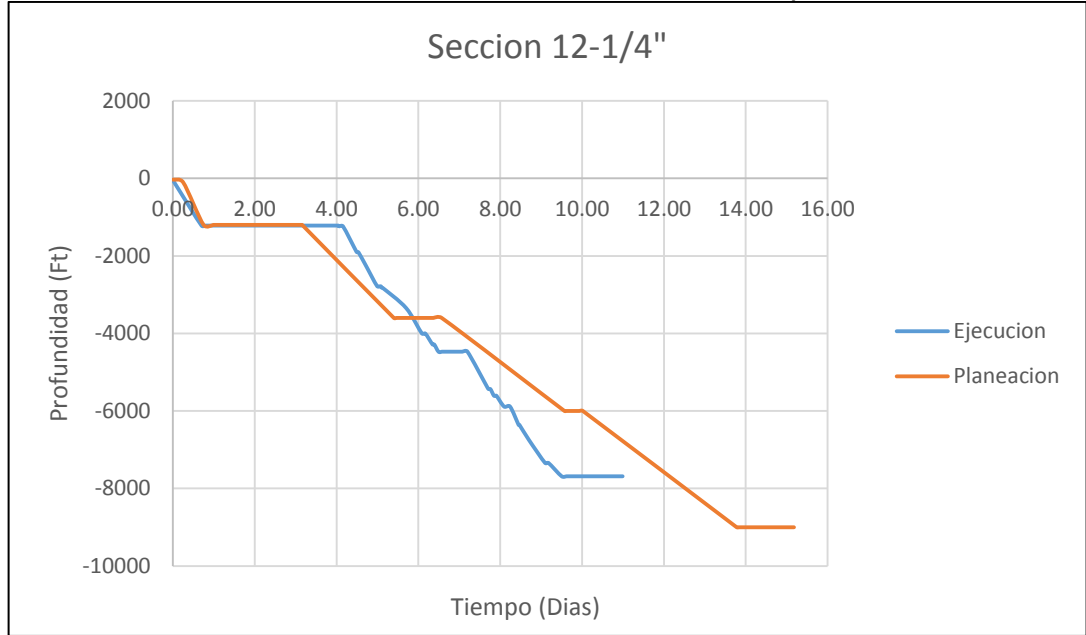
Para el 11 de Abril se encuentra el tope de la Formación Carbonera a 5620 MD medida y se continúa perforando a través de sus unidades operacionales hasta llegar a C5 a una profundidad de 6487 MD, este día se alcanzó un profundidad de 6745 MD.

En el día 12 de Abril se encuentra el tope de la unidad operacional C8 a 7275 pies MD, posteriormente el tope de la Formación Mirador a 7368 pies MD, seguidos del tope de la Formación, Guadalupe a 7478 pies MD, finalmente se encuentra el tope de la Formación Gacheta a 7630 pies MD, en los viajes de tubería se encontraron puntos apretados (tight spots) en el hueco a 5786 y 6390 pies MD, por lo que se realizó acondicionamiento en el diámetro del hueco en POOH (backreaming), este día se alcanzó una profundidad de 7685 MD y se tomó información LWD.

El 13 de abril la operación tiene retrasos debido a condiciones climáticas, se recupera la información LWD y no se identifica acumulación de hidrocarburo en la Formación Mirador, la cual se encontró con un espesor mucho menor al del programa, razones por las cuales se decide terminar el proyecto después del abandono del pozo

A continuación en la **Gráfico 5**, se puede apreciar la curva de avance profundidad vs tiempo para el pozo hasta la sección de 12-1/4” piloto.

**Gráfico 5.** Desarrollo Perforación. Profundidad vs Tiempo. Sección 12 ¼”



En la **Tabla 54** están contenidos los costos de ejecución y planeación de la sección de 12-1/4” piloto, se puede observar un ahorro considerable, esto debido a que la sección se construyó en la mitad del tiempo establecido en el programa.

**Tabla 54.** Comparación de costos para la planeación y ejecución. Para la fase de 12 ¼”

Costos (Ejecución) USD	Costos (Planeación) USD
\$ 636,180	\$1.131.105

**6.2.3 Tapón y abandono.** Entre los días 15 y 17 de abril se realizan operaciones de acondicionamiento del pozo para asentar tres tapones de abandono y el bombeo del mismo, el 18 de abril se libera el taladro y se da inicio a las operaciones de desarme y de-movilización.

A continuación en la **Tabla 55**, se observan los tiempos y costos, tanto para la planeación como la ejecución de tapón y abandono.

**Tabla 55.** Comparación de costos para la planeación y ejecución. Para el abandono

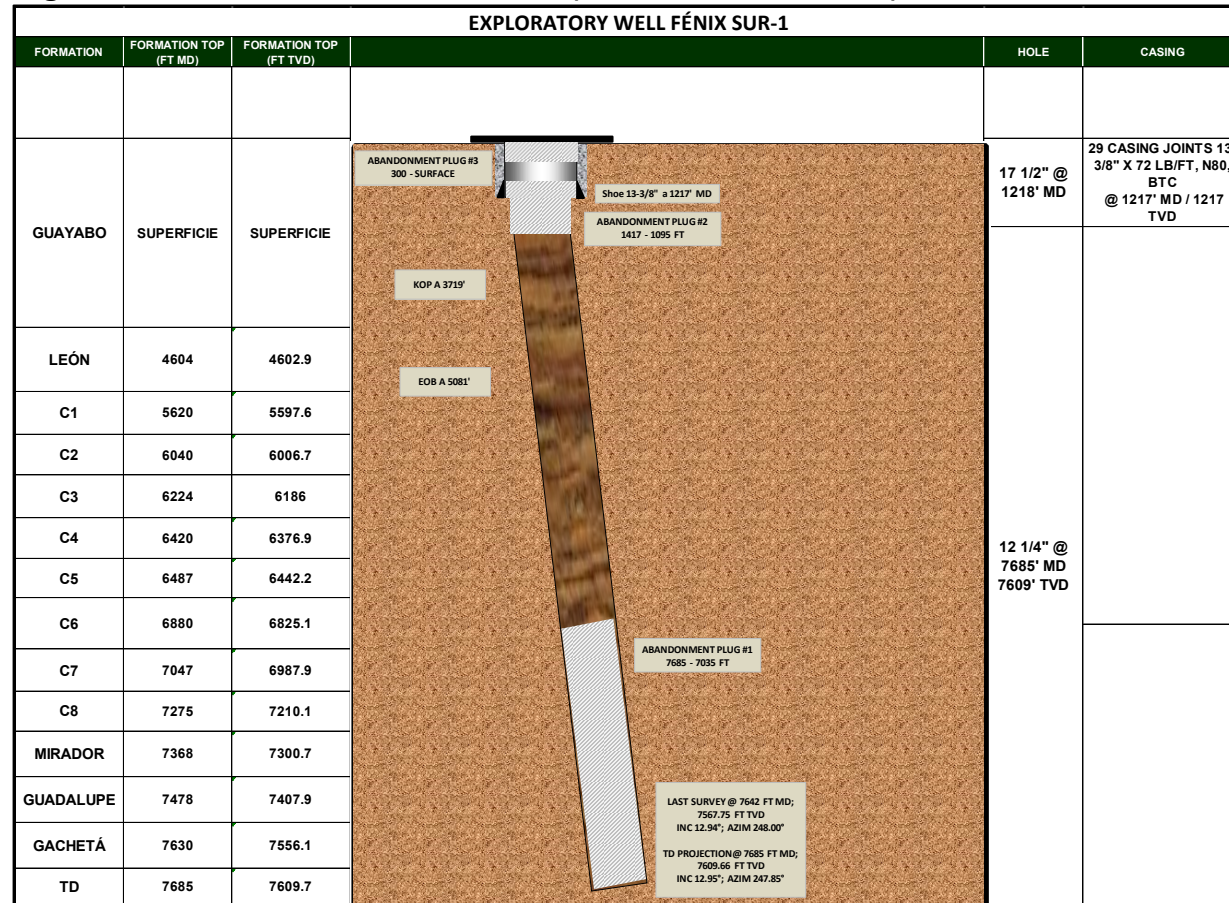
Tiempo (Planeación)	Tiempo (Ejecución)	Costos (Planeación) USD	Costos (Ejecución) USD
2,68	3	\$245.477	\$258.855

### 6.3 ESTADO MECÁNICO FINAL

El resultado final de las actividades de ejecución descritas en los numerales anteriores de este capítulo, se puede ver en la **Figura 47**. El entregable final del proyecto es la perforación de un hueco exploratorio vertical que alcanzo una profundidad verdadera de 7609.7 ft, se construyó en dos fases, como se enuncio en la determinación del alcance, los cuales fueron 17 ½” y 12 ¼”, donde se revistió solo la primera fase con un casing de 13 3/8”, de tubería N80, anclado a una profundidad verdadera de 1217 ft, con un zapato flotador cementado hasta superficie

Corrieron dos herramientas de registros, desde superficie hasta una profundidad de 1217 ft, se realizó el registro por medio de wireline, que contenía los registros de potencial espontaneo (SP), gamma ray, caliper y el AIT (Array Induction Tool); luego en un intervalo de 1218 ft a 7685 ft, como se mencionó anteriormente, se registró por medio del LWD, que contenía los registros de gamma ray, resistividad, densidad y neutrón. El estado oficial del pozo ante la ANH, es “Abandonado”.

**Figura 47.** Estado mecánico final de la perforación del hueco piloto



**Fuente:** CEPESA COLOMBIA S.A.S. Estado Mecánico Fénix Sur-1, Bogotá D.C. Colombia: Cepsa Colombia S.A.S., 2017.



## 6.4 COMPARACIÓN DEL PRESUPUESTO EN LA PLANEACIÓN Y LA EJECUCIÓN

El objetivo de este apartado es mostrar el ahorro en costos de inversión que hizo CEPSA, al realizar la ejecución del proyecto, conforme a la planeación establecida, aplicando PMI. Primero se muestra en la **Tabla 56**, el presupuesto original del proyecto que es igual a 8' 717, 556 USD

**Tabla 56.** Presupuesto en el plan de ejecución

Entregable	Costo (USD)
Ambientales (Monitoreo de aguas, aire, suelo; elaboración del PMA)	\$ 91,169
Obras civiles (Movilización y arme)	\$ 832,668
Pre-operativos (Diseño, plan de pozo y forma 7CR)	\$ 350,000
Movilización y arme (Movilización y arme de equipos)	\$ 987,532
Perforación fase 17-1/2"	\$ 344,745
Perforación fase 12-1/4"	\$ 1,131,106
Perforación fase Tapón y abandono	\$ 245,477
Perforación fase de desarrollo 12-1/4"	\$ 2,097,649
Perforación fase 8-1/2"	\$ 302,682
Completamiento inferior	\$ 328,985
Completamiento superior	\$ 1,075,882
Línea de flujo	\$ 514,540
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 8,717,556</b>

Debido a que el proyecto llegó hasta tapón y abandono, adicionalmente, los entregables de ambientales, obras civiles y pre operativos, tienen un costo invariable en la planeación y la ejecución, el presupuesto total de la planeación realizada se observa en la **Tabla 57**, con un total de 4'806,509 USD, teniendo en cuenta la perforación del pozo desviado en la fase de 12 ¼".

**Tabla 57.** Presupuesto total en el plan de ejecución.

Entregable	Costo (USD)
Perforación fase 17-1/2"	\$ 987,532
Perforación fase 12-1/4"	\$ 344,745
Perforación fase Tapón y abandono	\$ 1,131,106
Perforación fase de desarrollo 12-1/4"	\$ 245,477
Perforación fase 8-1/2"	\$ 2,097,649
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,806,509</b>

Los costos reales de la perforación hasta donde se realizó el hueco piloto se muestran en la **Tabla 60**.

**Tabla 58.** Costos reales de la perforación

<b>Entregable</b>	<b>Costo (USD)</b>
Movilización y arme (Movilización y arme de equipos)	\$ 987,532
Perforación fase 17-1/2"	\$ 344,745
Perforación fase 12-1/4"	\$ 1,131,106
Perforación fase Tapón y abandono	\$ 245,477
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2,159,516</b>

**6.4.1 Análisis de la comparación de presupuestos.** Por medio de la gestión desarrollada, con los lineamientos del PMI se ejecutó una planificación integrada con las áreas más importantes en la dirección de proyectos, alcance, tiempo y riesgo, mediante las cuales se realizó una definición detallada del proyecto, seleccionando la alternativa que permitía reducir la incertidumbre que significaba para el proyecto la no acumulación de hidrocarburo en la formación objetivo, decidiendo realizar la perforación del pozo exploratorio en dos fases, con el fin de probar la acumulación y establecer un punto de toma de decisiones, en el cual se determinaba si continuar con la construcción de la línea de flujo y las fases posteriores del pozo, o cerrar el proyecto

El PEP desarrollado por actividades específicas permitió la ejecución por fases diferenciadas de perforación, para identificación temprana de la no acumulación de hidrocarburos. Lo anterior resulta en que la planeación realizada, con la perforación de un hueco exploratorio vertical, antes de realizar un pozo desviado tipo "J", represento para CEPSA un ahorro en 2'646,993 USD. Aunque con el hueco piloto no se encontró acumulación de hidrocarburos, la planificación aplicando parámetros de PMI, permitió que la compañía utilizara únicamente el 45% del presupuesto que tenía destinado para la perforación del pozo exploratorio.

Los riesgos identificados para la movilización y el arme, y perforación, permitieron gestionar una respuesta adecuada y tener en cuenta un presupuesto para contingencia, aunque su efecto en los tiempos fue incierto por lo que se sufrieron retrasos en el cronograma, finalizando entregables en tiempos superiores a lo establecido, esto se asoció a la falta del análisis cuantitativo de riesgo.

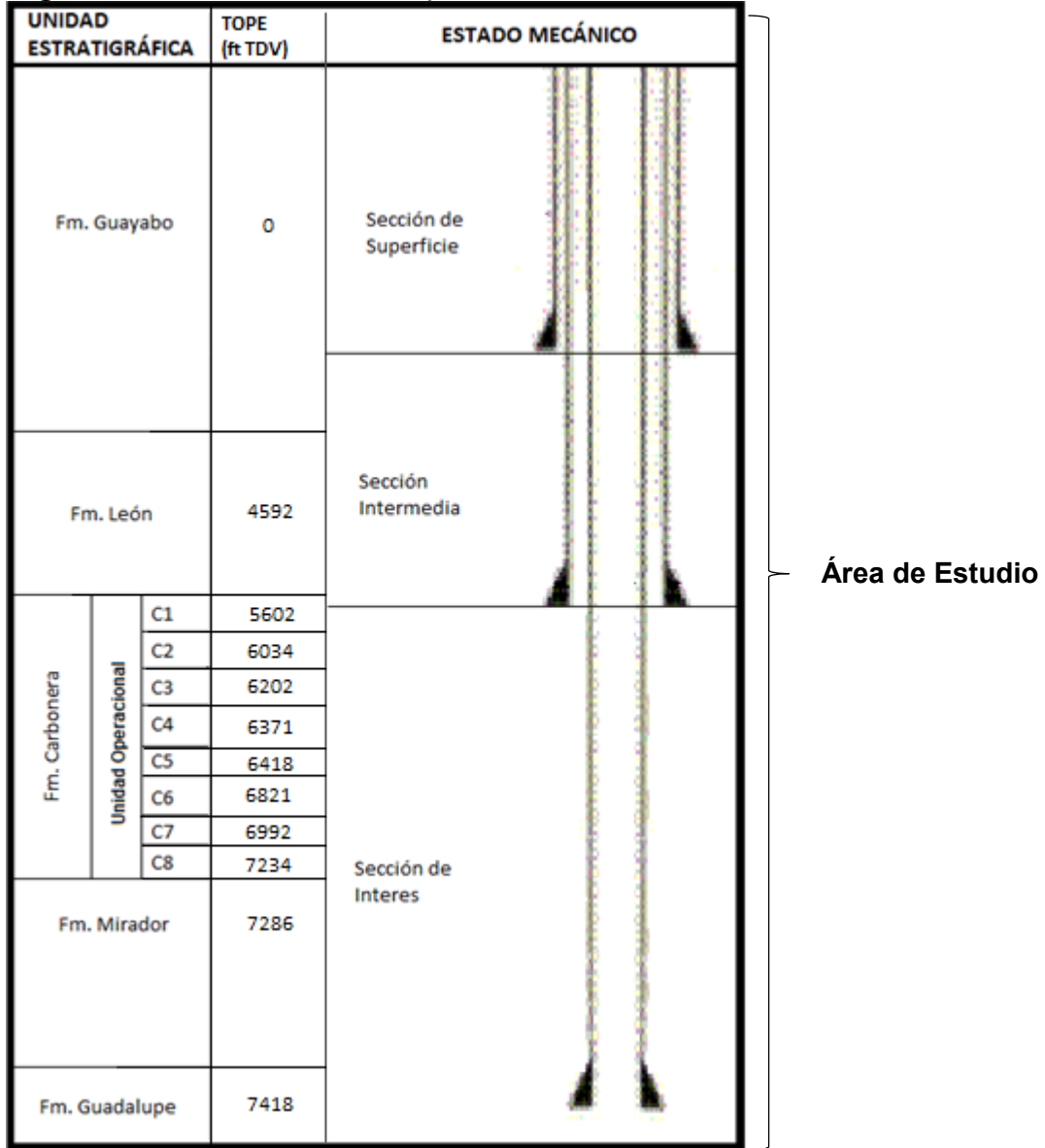
## 7. ANÁLISIS FINANCIERO

Debido a la falta de definición para la perforación de un prospecto exploratorio en el Campo Fénix del Bloque Puntero, que actualmente es operado por CEPESA COLOMBIA, surge la necesidad del presente trabajo de grado. Para realizar la definición de este prospecto exploratorio se desarrolló la evaluación de la perforación mediante lineamientos del Project Management Institute (PMI), por medio de esta se definió todo el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP), estableciendo un cronograma basado en la integración de tiempo, costos, riesgos y demás áreas de conocimiento, de forma que se establece una gestión precisa y óptima a lo largo del proyecto, que permite a la compañía un ahorro en tiempos durante el proceso de perforación. El control en la ejecución de proyectos para las compañías permite tener un panorama claro de las oportunidades y amenazas presentes en el desarrollo de proyectos, para mediados del siglo XX, se establecieron muchos tipos de metodologías, pero la metodología más completa y aplicable para la industria del petróleo es la establecida por el PMI, donde se integran factores críticos como el alcance, tiempos, costos, riesgos, el recurso humano, etc., y se establece con claridad el camino que debe seguir el proyecto para llegar al éxito.

Para determinar la viabilidad financiera del proyecto, se establece desde el punto de vista de una compañía operadora, se utiliza como unidad de moneda de valor constante el dólar estadounidense (USD), con un horizonte de tiempo de cuatro años con periodos anuales, una Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) del 10% efectiva anual, utilizando la metodología del Valor Presente Neto. Se definen dos escenarios, el primero es la planeación del pozo utilizando un 30% de las herramientas del PMI (proceso actual), mientras que el segundo escenario es la utilización completa de estas herramientas (100%), adicionalmente se realiza un análisis de los costos de inversión.

A continuación en la **Figura 48**, se presenta un estado mecánico tipo con estratigrafía de la Cuenca de los Llanos Orientales.

**Figura 48.** Estado Mecánico tipo de la cuenca



**Fuente:** BARRERO, Darío, et al. Colombian Sedimentary Basins. Bogotá D.C.: ANH and B&M Exploration Ltda, 2007. 69 p. ISBN: 978-958-98237-0-5. Modificada por los autores.

Los pozos exploratorios, para la Universidad Autónoma de México<sup>109</sup>, son los primeros en ser perforados en un proyecto. El principal objetivo de este tipo de pozos es encontrar la acumulación de hidrocarburos. Por medio de los recortes,

<sup>109</sup> UNIVERSIDAD AUTÓMA DE MÉXICO. Terminación de Pozos. México D.F.: Publicaciones UNAM, 2014. p.1.

núcleos y registros, las compañías de petróleo y gas, buscan la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible.

## 7.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)

El CAPEX (Capital Expenditures, por siglas en ingles), “son inversiones de capital que generan beneficios, se habla de CAPEX cuando se realiza la inversión en un activo fijo o para añadirle valor a uno existente”<sup>110</sup>. De igual manera son considerados costos pre-operativos debido a que son aquellos que dan inicio a un proyecto. Para la industria del petróleo, se incurren en CAPEX, en los procesos de perforación e instalación de facilidades.

En los dos escenarios, que se presentan para establecer la viabilidad financiera del proyecto, para la proyección se esperan que tenga las mismas características del pozo tipo. En la **Tabla 59**, se presenta la campaña de perforación, a partir de la cual se realiza la evaluación.

**Tabla 59. Campaña de perforación**

PERIODO (año)	Número de pozos
0	1
1	0
2	2
3	1
4	1

**Fuente:** CEPESA COLOMBIA S.A.S. Informe Campo Fénix 2016, Bogotá D.C. Colombia: Cepsa Colombia S.A.S., 2015.p.10.

**7.1.1 Escenario Uno.** Este escenario comprende la utilización de un 30% de los lineamientos del PMI (proceso actual). En la **Tabla 60**, están contenidos los costos por sección (incluyendo los costos pre-spud asociados a la movilización y arme del taladro, la perforación y cementación de cada sección, y el completamiento) para la perforación de un pozo exploratorio.

<sup>110</sup> U.S DEPARTMENT OF COMERCE. Annual Capital Expenditures: 1994.: Washington D.C., 1994. U.S. Printing Office. p.198.

**Tabla 60.** Costo por pozo con la utilización del 30% PMI

<b>Actividad</b>	<b>USD</b>
Pre-spud	2,010,140
Sección de superficie	395,849
Sección intermedia	3,695,065
Sección de interés	378,963
Completamiento	1,436,633
<b>Total</b>	<b>7,916,650</b>

**Fuente:** CEPESA COLOMBIA S.A.S. Informe Campo Fénix 2016, Bogotá D.C. Colombia: Cepsa Colombia S.A.S. 2015. p. 11.

Para la evaluación dentro del horizonte de tiempo planteado, el número de pozos a perforar en cada periodo y el costo de estos se aprecia en la **Tabla 61**.

**Tabla 61.** Costos de inversión con la utilización del 30% PMI

<b>Periodo</b>	<b>Costo por pozo</b>	<b>Número de pozos</b>	<b>USD</b>
0	7,916,650	1	7,916,650
1	7,916,650	0	0
2	7,916,650	2	15,833,300
3	7,916,650	1	7,916,650
4	7,916,650	1	7,916,650

**7.1.2 Escenario Dos.** El escenario dos consiste en la aplicación del 100% de los lineamientos del PMI para la perforación de un pozo exploratorio. En la **Tabla 62**, están contenidos los costos por sección (incluyendo los costos pre-spud asociados a la movilización y arme del taladro, la perforación y cementación de cada sección, el completamiento y un presupuesto para contingencia de riesgos) para la perforación de un pozo exploratorio.

**Tabla 62.** Costos por pozo con la utilización del 100% PMI

<b>Actividad</b>	<b>USD</b>
Pre-spud	1,820,200
Sección de superficie	344,745
Sección intermedia	3,474,231
Sección de interés	302,682
Completamiento	1,404,866
Contingencia para riesgos	367,336
<b>TOTAL</b>	<b>7,714,060</b>

Para la evaluación dentro del horizonte de tiempo planteado, el número de pozos a perforar en cada periodo y el costo de estos se aprecia en la **Tabla 63**.

**Tabla 63.** Costos de inversión con la utilización del 100% PMI

Periodo	Costo por pozo	Numero de pozos	USD
0	7,714,060	1	7,714,060
1	7,714,060	0	0
2	7,714,060	2	15,428,120
3	7,714,060	1	7,714,060
4	7,714,060	1	7,714,060

## 7.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera consiste en la utilización de indicadores financieros, con el fin de establecer la viabilidad financiera del proyecto.

**7.1.3 Valor presente neto (VPN).** Según Guillermo Bacca<sup>111</sup> en el libro de ingeniería financiera, el indicador financiero valor presente neto consiste en trasladar los ingresos y egresos futuros a valores monetarios del presente, los ingresos se toman con signo positivo, mientras los egresos se toman con signo negativo. (ver **Ecuación 6**)

<b>Ecuación 6.</b> Ecuación General Valor Presente Neto
$VPN(i) = \sum Fn(1+i)^{-n}$
<b>Fuente:</b> BACA, Guillermo. Ingeniería Económica 8ed. Bogotá D.C.: Fondo Educativo Americano Ltda, 1998. 197 p. ISBN: 978-958-98237-0-5.

Donde,  
 VPN= Valor Presente Neto.  
 Fn= Flujo de efectivo para cada periodo.  
 N= Periodo de tiempo.

<sup>111</sup> BACA, Guillermo. Ingeniería Económica 8ed. Bogotá D.C.: Fondo Educativo Americano Ltda, 1998. p.197.

I= Tasa de interés de oportunidad (TIO).

Como se utiliza la metodología del valor presente neto (VPN) su resultado se interpreta como a dólares de hoy cuánto vale el proyecto.

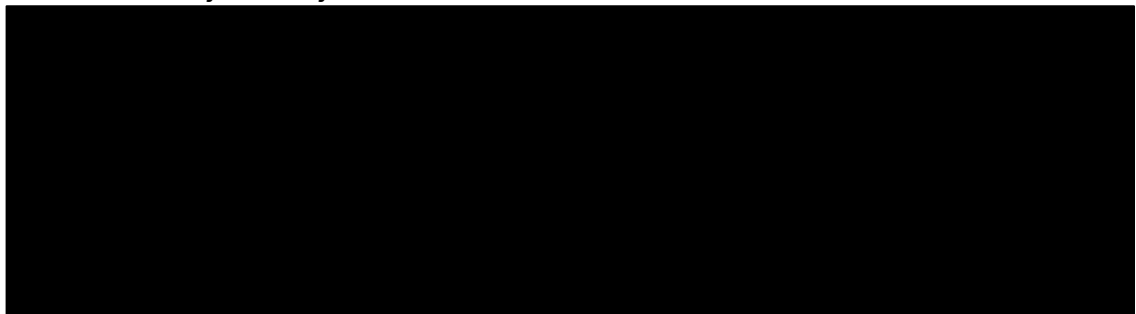
**7.2.2 Tasa de Interés de Oportunidad (TIO).** “La tasa de interés de oportunidad es la tasa más alta que un inversionista sacrifica para poder llevar a cabo un proyecto”<sup>112</sup>, dicho de otra forma es la mínima rentabilidad que se espera en una evaluación financiera, para CEPESA COLOMBIA S.A.S, esta tasa es del 10% anual, debido a que los periodos del proyecto son anuales se utiliza esta misma tasa

**7.2.3 Flujo de Caja.** Para Guillermo Bacca<sup>113</sup>, el flujo de caja es la representación gráfica universal de los proyectos, en donde se muestra cuando este genera ingresos monetarios y cuando requiere dinero.

En base a los costos de perforación de los pozos bajo los dos escenarios planteados, se desarrolla un flujo de caja, y se calcula el Valor Presente Neto para cada uno, estos se presentan a continuación.

**7.3.2.1 Escenario uno.** En el **Gráfico 6**, se presenta el flujo de caja para este escenario.

**Gráfico 6.** Flujo de caja con la utilización de un 30% del PMI



$$VPN(0.1) = 7,916,650 + \frac{15,833,300}{(1 + 0.1)^2} + \frac{7,916,650}{(1 + 0.1)^3} + \frac{7,916,650}{(1 + 0.1)^4}$$

$$VPN(0.1) = 32,357,096$$

---

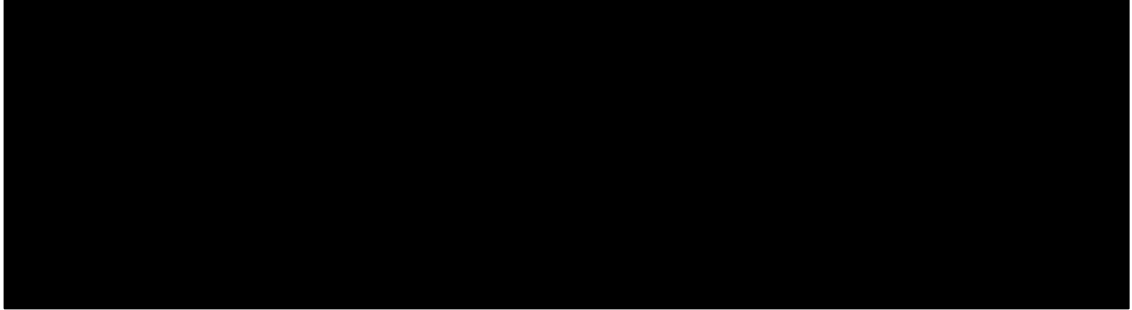
<sup>112</sup> Ibíd. p.197.

<sup>113</sup>Ibíd., p.4.



**7.2.3.2 Escenario dos.** En el **Gráfico 7**, se presenta el flujo de caja para este escenario.

**Gráfico 7.** Flujo de caja con la utilización del 100% de PMI



$$VPN(0.1) = 7,714,060 + \frac{15,428,120}{(1 + 0.1)^2} + \frac{7,714,060}{(1 + 0.1)^3} + \frac{7,714,060}{(1 + 0.1)^4}$$

$$VPN(0.1) = 31,529,066$$

### **7.3 CONCLUSIÓN DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA**

Desde el punto de vista financiero, la mejor opción para la compañía en la próxima campaña de perforación es utilizar el 100% de las herramientas del Project Management Institute (PMI), porque le representa un ahorro en costos a dólares de hoy del 2,56% (USD 828,030) frente al proceso actual; originado en la reducción del tiempo requerido para la perforación de los pozos.

## 8. CONCLUSIONES

- La descripción de las características geológicas, del Bloque Puntero permitió la identificación temprana de riesgos técnicos, la presencia de formaciones arcillosas como León y Guadalupe, indicó la posibilidad de inestabilidad de hueco. Este riesgo se materializó en la ejecución del proyecto, pero la gestión de planificación mitigó su impacto.
- La metodología de dirección de proyectos más adecuada para utilizar en la industria del petróleo es la del Project Management Institute, porque integra eficientemente las principales áreas de conocimiento, tiempo, costo y alcance, dando como resultado la reducción de los costos de inversión requeridos para la ejecución de proyectos
- Se identificó la alternativa de pozo exploratorio que cumplía con las restricciones, permitiendo una mejor definición del proyecto y el desarrollo de los procesos en áreas de tiempo costo y riesgo.
- Se gestionó la respuesta a los riesgos materializados mitigándolos para reducir su impacto mediante la matriz, sin embargo la materialización de algunos riesgos tuvieron alto impacto negativo en el cronograma esto asociado a una falta de cuantificación de estos.
- Aunque el proyecto no se ejecutó en su totalidad debido a la ausencia de hidrocarburo comercial, los costos asociados al mismo se gestionaron de manera adecuada, realizando un buen manejo del presupuesto, utilizando el 45% de los recursos destinados para la perforación del pozo
- Se identificó y se realizó el cierre oportuno del proyecto, de acuerdo a lo establecido en el alcance del mismo una vez no se comprobó la acumulación de hidrocarburos.
- La viabilidad financiera del proyecto fue establecida mediante la metodología del Valor Presente Neto, generando un futuro ahorro del 2,56% por lo que sería aconsejable realizar la perforación de los siguientes pozos mediante el uso del 100% de las herramientas del PMI.
- Se evitaron pérdidas monetarias por un valor de USD 495.450 a la compañía por obligaciones contractuales por compra de tubería y accesorios para la construcción de la línea de flujo

## 9. RECOMENDACIONES

- Evaluar la viabilidad de la utilización de facilidades de producción temprana tipo null testing para tiempos prolongados de cierre de pozo para el Bloque Puntero
- Utilizar la técnica de estimación paramétrica para determinación de la duración de las actividades de los procesos de perforación
- Evaluar la aplicación de análisis de riesgo mediante la simulación de Monte Carlo, para la perforación de prospectos exploratorios
- Establecer el plan de ejecución de proyecto para la instalación de facilidades tempranas de producción
- Implementar la optimización de la gestión de adquisiciones para la instalación de facilidades tempranas de producción

## BIBLIOGRAFÍA

**A&M ASESORIA Y ADIESTRAMIENTO.** Curso básico de perforación direccional. 1 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.:A&M, 2003. 36 p.

**AGUILAR, Sebastián.** Estratigrafía secuencial de las unidades aflorantes en las quebradas La Piñera (Sabanalarga) y La Pescana (Monterrey) Casanare, Colombia. Universidad Industrial de Santander., 2012. 37(1).

**AHMAD, A.** Project Management Office: The Strategic Trend in Petroleum. Abu Dhabi: Society of Petroleum Engineers, 2015. SPE-177580-MS. p.1-12.

**ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT.** APM Body of Knowledge. 5 ed. High Wycome.:APM Publications , 2006. p. 1.

**BACA, Guillermo.** Ingeniería Económica 8ed. Bogotá D.C.: Fondo Educativo Americano Ltda, 1998. 197 p. ISBN: 978-958-98237-0-5.

**BARRERO, Darío, et al.** Colombian Sedimentary Basins. Bogotá D.C.: ANH and B&M Exploration Ltda, 2007. p. 69. ISBN: 978-958-98237-0-5.

**BRITISH STANDARDS INSTITUTE.** Project Management – Part 1: Principles and Guidelines...Conventry, UK.: BSI Publications, 2010. p.3.

**CAPITAL PROJECT RISK ANALYSIS & BENCHMARKING** [online]. Ashburn, Virginia, EE.UU.: Independent Project Analysis [cited 14 April, 2017]. Available from Internet: <<http://www.ipaglobal.com/services/risk-analysis-and-benchmarking>>

**CEPSA COLOMBIA S.A.S.** Informe Campo Fénix 2016, Bogotá D.C. Colombia: Cepsa Colombia S.A.S., 2015.4 p.

**CEPSA LATAM.** Organigrama Aprobado. [Diapositivas] Bogotá. CEPSA, 2016, 1p. 11 diapositivas, color.

**CEPSA, UNIDAD OPERATIVA.** Risk Analysis in Investment Projects.Org & Process, Noviembre 2015. p.4.

**COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** Decreto 1220. (Abril 21 de 2005). Por la cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Bogotá, D.C., 21 de abril 2005. 20p

**COORDINACIÓN DE PRODUCCIÓN CEPSE.** Informe Campo Fénix 2016. CEPSE COLOMBIA 2016. p 2.

**CUBILLOS, H.,** et al. Strategy and Planing EOR for Caracara Sur Field, Colombia. London: Society of Petroleum Engineers, 2013. SPE 164930. p 1-10.

**DE PORTA, J.** AMÉRIQUE LATINE. Paris: CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1973. Vol. 5. 367p.

**HEREDIA, NOHORA.** GERENCIA DE COMPRAS LA NUEVA ESTRATEGIA COMPETITIVA. 2 ed. Bogotá D.C.: ECOE EDICIONES, 2013. pag.291.

**ILLANES, Javier.** Módulo de Perforación Direccional. México D.F.: PEMEX, 2008. p.13.

**INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN.** Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas, sexta actualización. Bogotá: CONTEC, 2008 110 p.

\_\_\_\_\_:\_\_\_\_\_. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: El instituto, 2008, p 1-2.

\_\_\_\_\_:\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de informaciones electronicas. NTC 4490. Bogotá: El instituto, 1998, p. 2.

**INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION.** 50th Anniversary IPMA book. Zurich.: IPMA, 2015. p. 8.

**IPMA HISTORY** [online]. Amsterdam: International Project Management Association [cited 14 April, 2017]. Avalaible from Internet: < <http://www.ipma.world/about/ipma-history/>>.

**JULIVERT, Manuel.** AMÉRIQUE LATINE. Paris: CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1968. vol. 5.460p.

**MATA, T.** An Innovative Management Approach for Fast Track Field Development. Dubai: Society of Petroleum Engineers, 2016. SPE-181385-MS. p.1.

**MONTOYA, Blas.** Curso Básico de Gerencia de Proyectos. Bogotá D.C.: CEPSE UNIDAD OPERACIONAL, 2015. p.2.

**NORWEIGIAN AGENCY FOR DEVELOPMENT COOPERATION.** The Logical Framework Approach. 4 ed. Oslo.: NORAD, 1999. p.3.

**PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.** Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. 5 ed. Newton Square, Pensilvania EE.UU.: PMI Publications, 2013. p.49.

**PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.** PMI Lexicon of Project Management Terms. Atlanta, Georgia.: PMI Publications, 2012. p.11.

**REVISTA SEMANA.** Cumaral también le dijo No a la explotación petrolera [En línea], 6 de Abril 2017. Disponible en internet: <<http://www.semana.com/nacion/articulo/el-no-gana-la-consulta-popular-minera-en-cumaral/527505>>.

**SEPULVEDA, Luis y URREGO, Luis.** Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos, Factor Clave de Éxito en la Gestión de Proyectos de ECOPETROL. [Diapositivas] Bogotá D.C, Colombia: PMI Publications, 2012. p.1.

**THE WORLD BANK.** The Logframe Handbook. Washington D.C.: Team Technologies, Inc, 2005. p.1.

**TONYE, Alagba.** Improving Drilling Performance Through Deployment of 12-Project Management Critical Success Factors: An Empirical Investigation. Charlestone: Society of Petroleum Engineers, 2014. SPE-171033-MS. p. 1.

**U.S DEPARMENT OF COMERCE.** Annual Capital Expenditures: 1994.: Washington D.C., 1994. U.S. Printing Office. p.198.

**UNIDAD DE GEOLÓGIA CEPESA.** Marco Geológico y Petrolero. CEPESA COLOMBIA., 2015. p. 2.

**UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE.** Recommendation 18 In Facilitation Measures Related to International Trade Procedures. Paris.: UNECE Publications, 2009. p.3.

**UNIVERSIDAD AUTÓMA DE MÉXICO.** Terminación de Pozos. México D.F.: Publicaciones UNAM, 2014. p.1.

## **ANEXOS**

## ANEXO A ESTRUCTURA DETALLADA DEL TRABAJO

EDT	Nombre de tarea
<b>1</b>	<b>PERFORACIÓN FENIX SUR EXPLORATORIO</b>
1.5	INICIO
<b>1.1</b>	<b>AMBIENTALES</b>
<b>1.1.2</b>	<b>ESTUDIOS PMA</b>
1.1.2.7	MONITOREO DE AGUAS CALIDAD DE RUIDO
1.1.2.8	ELABORACIÓN DEL PMA
1.1.2.9	RADICACIÓN EN COORPORACIÓN
1.1.2.10	SOCIALIZACIÓN
1.1.2.12	INTERVENTORÍA SOCIAL
<b>1.2</b>	<b>PERFORACIÓN</b>
<b>1.2.1</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y ARME</b>
1.2.1.1	MOVILIZACIÓN
1.2.1.2	ARME
<b>1.2.2</b>	<b>PRE OPERATIVOS</b>
1.2.2.1	DISEÑO DE POZO
1.2.2.2	PLAN DE POZO
1.2.2.3	FORMA 7CR
<b>1.2.3</b>	<b>PERFORACIÓN Y REGISTROS</b>
<b>1.2.3.1</b>	<b>PERFORACIÓN FASE 17 1/2 (32' - 1200')</b>
1.2.3.1.1	PERFORACIÓN 32' - 1200'
1.2.3.1.2	VIAJE DE ACONDICIONAMIENTO
1.2.3.1.3	CIRCULACIÓN



1.2.3.1.4	POOH
1.2.3.1.5	RIH (REVESTIMIENTO DE 3/8")
1.2.3.1.6	CIRCULAR
1.2.3.1.7	CEMENTACIÓN FASE SUPERIOR
1.2.3.1.8	WOC
1.2.3.1.9	SOLDADURA PRIMERA SECCIÓN
1.2.3.1.10	BOP'S
1.2.3.1.11	RIG UP HERRAMIENTAS DIRECCIONALES
1.2.3.1.13	RIH (SARTA DE FASE DE 1/4")
1.2.3.1.14	PRUEBA INTEGRIDAD REVESTIMIENTO
1.2.3.1.15	CIRCULACIÓN CAMBIO DE FLUIDO
1.2.3.1.16	REALIZAR PRUEBA DE INTEGRIDAD DE LA FORMACIÓN
<b>1.2.3.2</b>	<b>FASE DE 12 1/4", HUECO EXPLORATORIO</b>
1.2.3.2.22	PERFORACIÓN FASE DE 12 1/4" (1215' - 3600')
1.2.3.2.23	CIRCULAR
1.2.3.2.24	POOH
1.2.3.2.25	RIH
1.2.3.2.26	CIRCULAR
1.2.3.2.27	POOH
1.2.3.2.28	RECUPERACIÓN INFORMACIÓN LWD
1.2.3.2.29	QUEBRAR HERRAMIENTAS DIRECCIONALES
1.2.3.2.30	CAMBIO DE CONFIGURACIÓN BHA
1.2.3.2.31	RIH
1.2.3.2.32	PERFORACIÓN DE FASE 12 1/4" (3600' - 6000')
1.2.3.2.33	CIRCULAR
1.2.3.2.34	VIAJE DE CONTROL
1.2.3.2.35	CIRCULAR
1.2.3.2.36	PERFORACIÓN DE FASE 12 1/4" (6000' - 9000')
1.2.3.2.37	CIRCULAR
1.2.3.2.38	VIAJE DE CONTROL
1.2.3.2.39	CIRCULAR
1.2.3.2.40	POOH
1.2.3.2.41	RECUPERAR INFORMACIÓN LWD
1.2.3.2.42	QUEBRAR HERRAMIENTAS DIRECCIONALES
<b>1.2.3.3</b>	<b>ABANDONO HUECO PILOTO</b>
1.2.3.3.16	ACONDICIONAR MESA, CAMBIAR ELEVADOR DE 5" POR ELEVADOR 3 1/2"
1.2.3.3.17	MEDIR, CALIBRAR Y BAJAR DRILL PIPE DE 3 1/2", CON BHA
1.2.3.3.18	REUNIÓN PREOPERACIONAL DE BOMBEO DE TAPÓN DE CEMENTO
1.2.3.3.19	BALANCEO DE TAPÓN DE ABANDONO DE HUECO PILOTO

1.2.3.3.20	R/D LINEAS DE SUPERFICIE
1.2.3.3.21	BOMBEAR PILDORA ABRASIVA Y CIRCULAR
1.2.3.3.22	SACAR SARTA SUPERFICIAL
1.2.3.3.23	CAMBIAR ELEVADOR DE 3 1/2" POR ELEVADOR DE 5", RETIRAR WEAR BUSHING
1.2.3.3.24	REUNIÓN PREOPERACIONAL PARA PRUEBA DE BOP'S
1.2.3.3.25	PROBAR BOP'S
1.2.3.3.26	RIG UP BHA, RIH VERIFICAR TOC, POOH
1.2.3.3.27	RIG UP Y RIH BHA, PARA BOMBEO DE SEGUNDO TAPÓN DE CEMENTO POOH
<b>1.2.3.4</b>	<b>FASE DE 12 1/4", DESARROLLO</b>
1.2.3.4.39	RIG UP HERRAMIENTAS DIRECCIONALES
1.2.3.4.40	RIH SARTA DE 12 1/4"
1.2.3.4.41	CIRCULAR CAMBIO DE FLUIDO
1.2.3.4.42	PERFORACIÓN DE FASE 12 1/4" (2700' - 6000')
1.2.3.4.43	CIRCULAR
1.2.3.4.44	VIAJE DE CONTROL
1.2.3.4.45	CIRCULAR
1.2.3.4.46	POOH
1.2.3.4.47	RECUPERAR INFORMACIÓN LWD
1.2.3.4.48	QUEBRAR HERRAMIENTAS DIRECCIONALES
1.2.3.4.49	CAMBIO DE CONFIGURACIÓN BHA
1.2.3.4.50	RIH
1.2.3.4.51	PERFORACIÓN DE FASE DE 12 1/4" (6000' - 9000')
1.2.3.4.52	CIRCULAR
1.2.3.4.53	VIAJE DE CONTROL
1.2.3.4.54	CIRCULAR
1.2.3.4.55	POOH
1.2.3.4.56	RECUPERACIÓN INFORMACIÓN LWD
1.2.3.4.57	QUEBRAR HERRAMIENTAS DIRECCIONALES
1.2.3.4.58	RIH REVESTIMIENTO DE 9 5/8"
1.2.3.4.59	CIRCULAR
1.2.3.4.60	CEMENTACIÓN Y R/D LÍNEAS
1.2.3.4.61	WOC MÁS INSTALACIÓN DE CABEZAL
1.2.3.4.62	BOP'S
1.2.3.4.63	RIG UP DE HERRAMIENTAS DIRECCIONALES LWD
1.2.3.4.64	RIH SARTA DE 8 1/2"
1.2.3.4.65	DRILL OUT Y CAMBIO DE FLUIDO
1.2.3.4.66	REALIZAR PRUEBA SBT
<b>1.2.3.5</b>	<b>FASE DE 8 1/2"</b>

1.2.3.5.1	PERFORACIÓN FASE DE 8 1/2" (9600' - 10600')
1.2.3.5.2	CIRCULAR
1.2.3.5.3	POOH
1.2.3.5.4	CIRCULAR
1.2.3.5.5	POOH
1.2.3.5.6	RECUPERAR INFORMACIÓN LWD
1.2.3.5.7	QUEBRAR HERRAMIENTAS DIRECCIONALES
<b>1.2.3.6</b>	<b>FASE COMPLETAMIENTO</b>
1.2.3.6.4	VIAJE DE SARTA DE LIMPIEZA CON SCRAPER DE 9 5/8" MÁS GYRO
1.2.3.6.5	CORRIDA DE MAYAS MÁS TRATAMIENTO
1.2.3.6.6	UPPER COMPLETAMIENTO
<b>1.6</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>
<b>1.6.4</b>	<b>DISEÑOS</b>
1.6.4.3	DISEÑO DE LOCACIÓN
1.6.4.4	DISEÑO DE VIAS
<b>1.6.11</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>
<b>1.6.11.4</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA</b>
1.6.11.4.4	LOCALIZACIÓN
1.6.11.4.5	MOVIMIENTO DE TIERRAS
1.6.11.4.6	OBRAS DE ARTE
<b>1.6.11.5</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE LA LOCACIÓN</b>
1.6.11.5.9	CONSTRUIR EL CELLAR
1.6.11.5.10	PLACA DE TALADRO
1.6.11.5.11	PLACA DE QUIMICOS
1.6.11.5.12	DIQUE DE DIESEL
1.6.11.5.13	CUNETAS
1.6.11.5.14	TRAMPAS DE ARENA
1.6.11.5.15	TRAMPAS DE ACEITE
<b>1.3</b>	<b>LINEA DE FLUJO</b>
<b>1.3.1</b>	<b>DISEÑO</b>
1.3.1.1	INGENIERÍA
<b>1.3.2</b>	<b>CONTRATOS Y COMPRAS</b>
1.3.2.7	ELABORACIÓN DE PLIEGOS TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.8	APROBACIÓN PARA LICITACIÓN TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.9	LANZAMIENTO LICITACIÓN TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.10	RECIBO DE OFERTAS TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.11	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.12	APROBACIÓN DE LA ADQUISICIÓN TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.13	INFORME DE RESULTADO AL GANADOR TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.21	SUBCRIPCIÓN Y FIRMA DEL CONTRATO TUBERIA Y VALVULAS

1.3.2.14	PLAZO DE ENTREGA TUBERIA Y VALVULAS
1.3.2.15	ELABORACIÓN DE PLIEGOS INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.16	APROBACIÓN PARA LICITACIÓN INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.17	LANZAMIENTO LICITACIÓN INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.18	RECIBO DE OFERTAS INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.19	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.20	APROBACIÓN DE LA ADQUISICIÓN INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.1	INFORME DEL RESULTADO AL GANADOR INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.2	SUBSCRIPCIÓN Y FIRMA DEL CONTRATO INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.3	PLAZO DE ENTREGA INSTRUMENTACIÓN
1.3.2.5	ADQUISICIÓN DE TIERRAS
<b>1.3.4</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>
1.3.4.1	CONSTRUCCIÓN
1.8	FIN

**ANEXO B**  
**CRONOGRAMA DETALLADO DEL PROYECTO**

**ANEXO C**  
**ENCUESTA DE JUICIO DE EXPERTOS**

Teniendo en cuenta una columna estratigráfica tipo en la Cuenca de los Llanos Orientales con las siguientes formaciones: Guayabo, León, Unidad operacional Carbonera (C1-C8), Mirador y Guadalupe, se presenta la siguiente información:

FORMACION	DESCRIPCION
GUAYABO	Arcillas arenosas y areniscas. Posibles pérdidas de circulación, embotamiento de broca y problemas por inestabilidad del hueco.
LEON	Shale, capas de areniscas con láminas carbónáceas. Problemas de inestabilidad del hueco
C1	
C2	
C3	
C4	
C5	Problemas por perdida de fluido
C6	
C7	
C8	
MIRADOR	Areniscas conglomeraticas de grano fino a grueso con algunas capas de shale. Problemas por perdida de fluido
GUADALUPE	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio, arenas fosfáticas y lutitas friables

Pore Pressure						
Formation	Depth (ftTVDSS)	Pressure gradient (psi/ft)			Contents	Comments
		Low	Exp	High		
Guayabo	Surf to 535	0.431	0.442	0.447		FUENTE: Fenix-1 Mudlog
Guayabo- Leon - Carbonera	535 to -6725	0.418	0.446	0.470		FUENTE: Fenix-1 Mudlog
Mirador-Guadalupe	- 6725 to - 7020	0.418	0.424	0.435		FUENTE: Fenix-1 Mudlog

Fracture Pressure							
Formation	Depth (ftTVDSS)	Pressure gradient (psi/ft)			Contents	Comments	
		Low	Exp	High			
Guayabo	Surf to 535	0.530	0.705	0.786		FUENTE: Fenix-1 Mudlog	
Guayabo- Leon - Carbonera	535 to -6725	0.791	0.812	0.830		FUENTE: Fenix-1 Mudlog	
Mirador-Guadalupe	- 6725 to - 7020	0.829	0.832	0.835		FUENTE: Fenix-1 Mudlog	

Temperature							
Formation	Depth (ftTVDSS)	Temperature gradient (F/ft)			Contents	Comments	
		Low	Exp	High			
Guayabo	Surf to 535	0.018	0.037	0.055		FUENTE: Fenix-1 Mudlog	
Guayabo- Leon - Carbonera	535 to -6725	0.017	0.019	0.021		FUENTE: Fenix-1 Mudlog	
Mirador-Guadalupe	- 6725 to - 7020	0.017	0.019	0.021		FUENTE: Fenix-1 Mudlog	

A partir de la información anterior y de acuerdo a su experiencia, estime en días con respecto al programa de perforación:

No.	Pregunta	MÍNIMO (días)	MÁXIMO (días)
1	¿Cuánto tiempo tardaría, realizando la perforación de un intervalo de 1000 pies verticales de 17-1/2" o semejante, a través de la formación guayabo?		
2	¿Cuánto tiempo tardaría, realizando una cementación para un caso como el anterior?		
3	¿Cuánto tiempo tardaría, realizando la perforación de un intervalo de 8000 pies vertical de 12-1/4" o semejante, atravesando de Guayabo a Guadalupe?		
4	¿Cuánto tiempo tardaría, realizando la perforación de un intervalo de 7000 pies de radio largo de 12-1/4" o semejante, atravesando de Guayabo a Guadalupe?		
5	¿Cuánto tiempo tardaría, realizando la cementación para un caso como el anterior?		
6	¿Cuánto tiempo tardaría, realizando la perforación de una sección de interés horizontal navegando alrededor de 1000 pies de 8-1/2" o semejante, a través de la formación mirador?		
7	¿Cuánto tiempo tardaría, realizando operaciones de completamiento con mallas y bomba, para un pozo de radio largo de alrededor de 10000 pies?		



**ANEXO D**  
**FORMA 6CR ABANDONO FÉNIX SUR.**

**ANEXO E**  
**ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES**


MATRIZ RACI		ÁREAS ENCARGADAS													
		Coordinación de Operaciones LATAM			Coordinación de Análisis de desarrollo de proyectos LATAM	Coordinación de ingeniería LATAM		Coordinación RI LATAM	CASANARE	Coordinación Legal y RR.SS LATAM	Coordinación HRBP LATAM	ECOFIN LATAM	Coordinación de Comunicación	Coordinación de Seguridad	Compras
ACTIVIDAD	Coordinación de Perforación LATAM	Coordinación de Producción LATAM	Coordinación de Operaciones de Superficie	Dirección del Proyecto		Planeación Operativa									
	Supervisor de Perforación														
1	PERFORACIÓN FENIX SUR EXPLORATORIO	A				C	I	C						I	
1.1	AMBIENTALES	C	C			C		A						I	
1.1.1	ESTUDIOS PMA	C	C		I	C	I	A	I	I					A
1.2	PERFORACIÓN														A
1.2.1	MOVILIZACIÓN Y ARME	A	I			I	I	C	I	I	I	I		C	I
1.2.2	PRE OPERATIVOS	C			I	A	A	I	I					C	I
1.2.3	PERFORACIÓN Y REGISTROS	A	I				I	I	I			C			A
1.3	OBRAS CIVILES														A
1.3.1	DISEÑOS	C	C		I	A	C	C	I						I
1.3.2	CONSTRUCCIÓN	C	C			A	I	C	C					I	
1.4	LINEA DE FLUJO										I				
1.4.1	DISEÑO	C	C		I	A	C	C	I						I

MATRIZ RACI		ÁREAS ENCARGADAS													
		Coordinación de Operaciones LATAM			Coordinación de Análisis de desarrollo de proyectos LATAM	Coordinación de ingeniería LATAM		Coordinación RI LATAM	CASANAR E	Coordinación Legal y RR.SS LATAM	Coordinación HRBP LATAM	ECOFIN LATAM	Coordinación de Comunicación	Coordinación de Seguridad	Compras
ACTIVIDAD	Coordinación de Perforación LATAM	Coordinación de Producción LATAM	Coordinación de Operaciones de Superficie	Dirección del Proyecto		Planeación Operativa									
	1.4.2	CONTRATOS Y COMPRAS				I	A				C		C		
1.4.3	INSTALACIÓN				I			C	C					A	

		Interesados	Desconocedor	Reticente	Neutral	Partidario	Lider			
INTERNOS	CEPSA	Gerencia LATAM CEPSA				C D				
		Coordinación de Exploración				C D				
		Coordinación de Operaciones LATAM	Coordinación de Perforación LATAM	Superintendencia de perforación CARACARA			C D			
				Supervisor de Perforación			C	D		
			Coordinación de Producción LATAM				C D			
			Coordinación de Operaciones de Superficie				C D			
		Coordinación de Evaluación y Desarrollo de Subsuelo LATAM					C D			
		Coordinación de Análisis de desarrollo de proyectos LATAM					C D			
		Coordinación de ingeniería LATAM	Dirección del Proyecto					C D		
			Planeación Operativa					C D		
		Coordinación RI LATAM					C D			
		CARACARA				C D				
		CASANARE						C D		
		UCAYALI		C		D				
		Coordinación Legal y RR.SS LATAM					C D			
		Coordinación HRBP LATAM					C D			
		Compras LATAM					C D			
		ECOFIN LATAM					C D			
		Coordinación de Comunicación					C D			
		Coordinación de Seguridad					C D			
EXTERNOS	COMUNIDAD	Pobladores Impactados por el Proyecto	Alto impacto con el desarrollo del proyecto				C		D	
			Bajo impacto con el desarrollo del proyecto	Remuneración alta concepto de Servidumbre				C		D
				Remuneración baja concepto de Servidumbre					C	D
			Pobladores Afectados Indirectamente				C	D		
		Mano de Obra	Beneficiada					C D		
			No Beneficiada				C		D	
		Corporinoquia					C D			
		Grupos de protección de fauna y flora				C	D			
		Comerciantes	Bienes					C D		
			Servicios	Beneficiados					C D	
				No Beneficiados				C	D	
			Empleadores Normales de la Zona (cultivos de palma, ganadería extensiva)				C	D		
		Gobierno Local	Consejo					C	D	
			Alcaldía					C	D	
			Oficina Minero-energética					C D		
			Fuerza Armada Local	Policía				C	D	
				Ejercito				C	D	
		Junta de Acción Comunal				C			D	
		Contrafistas	Obra Civil					C	D	
			Perforación (Equipo de Perforación)						C D	

		Ingeniería de Fluidos						C D
		Registros eléctricos						C D
		Ingeniería de Perforación Direccional						C D
		Servicios de Cementación						C D
		Línea de flujo						C D
	Agencias	Agencia Nacional de Hidrocarburos					C D	
		Autoridad Nacional de Licencias Ambientales				C D		

**ANEXO F**  
**MATRIZ DE INTERESADOS**

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

T.622.3381


**T 622.3381**  
**L864**  
**2017**

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES


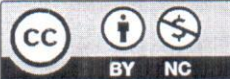

Nosotros HERNÁN FELIPE LOPÉZ VARGAS y JUAN PABLO PÉREZ ZAMBRANO en calidad de titulares de la obra EVALUACIÓN DE PERFORACIÓN DE UN PROSPECTO EXPLORATORIO EN EL BLOQUE PUNTERO EN LA CUENCA DE LOS LLANOS ORIENTALES CON BASE EN LINEAMIENTO PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, elaborada en el año 2016, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de mí (nuestra) obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	<b>Atribución- no comercial- sin derivar:</b> permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>Atribución – no comercial:</b> permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	<b>Atribución – no comercial – compartir igual:</b> permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=15](http://co.creativecommons.org/?page_id=15)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Información Confidencial:</b> este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C., a los 8 días del mes de noviembre del año 2017.

#### LOS AUTORES:

##### Autor 1

Nombres	Apellidos
Hernán Felipe	López Vargas
Documento de identificación No	Firma
1015442097	Hernán López

##### Autor 2

Nombres	Apellidos
Juan Pablo	Pérez Zumbano
Documento de identificación No	Firma
1014090818	JP