

**METODOLOGÍA DE DECISIÓN TÉCNICO FINANCIERA PARA DEFINIR LA
CONTINUIDAD OPERATIVA DE POZOS, CASO CAMPO PEROLES DE LA
SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE ECOPETROL**

WILLIAM ALBERTO PÁEZ CRESPO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN GERENCIA DE NEGOCIOS
BUCARAMANGA**

2015

**METODOLOGÍA DE DECISIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA DEFINIR LA
CONTINUIDAD OPERATIVA DE POZOS, CASO CAMPO PEROLES DE LA
SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE ECOPETROL**

WILLIAM ALBERTO PÁEZ CRESPO

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Gerencia de Negocios

Director

LUZ STELLA RUEDA CADENA

Ingeniero Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN GERENCIA DE NEGOCIOS
BUCARAMANGA**

2015

A las dos personas más importantes de mi vida, con todo mi amor, a mi esposa Lorena Alexandra Jurado y mi hija hermosa Sarah Salome Páez Jurado

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

La gloria de Dios y su poder

Mi esposa Lorena Alexandra Jurado, por la paciencia y apoyo

Mi hija Sarah Salome Páez Jurado, por la paciencia y apoyo

Ecopetrol S.A, por darme la oportunidad de crecer como profesional y el apoyo económico brindado.

La Universidad Industrial de Santander (UIS), por el desarrollo de este programa, sus excelentes académicos y administrativos.

Al grupo de Desincorporación de Activos de Ecopetrol, el Ingeniero Juan Manuel Rodríguez.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. MARCO DE REFERENCIA.....	21
3.1. REUNIÓN CON EXPERTOS, POR MEDIO DE ENTREVISTAS.....	21
3.2. EVALUACIONES MULTICRITERIO	21
3.3. MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES PARA PESO DE FACTORES Y CRITERIOS.....	22
3.4. EVALUACIÓN FINANCIERA.	24
4. METODOLOGÍA	26
4.1. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES.....	26
4.2. DEFINICIÓN DE VALORIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN.....	27
4.3. EVALUACIONES CRITERIOS FINANCIEROS.	29
4.4. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA	30
5. IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS ASOCIADAS	31
5.1. METODOLOGÍAS EN ECOPETROL.....	32
5.2. METODOLOGÍAS FUERA DE ECOPETROL.....	38
6. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	40

6.1 METODO DELPHI.....	40
6.2 ELABORACIÓN Y LANZAMIENTO DE CUESTIONARIOS.....	40
6.3. SELECCIÓN DE EXPERTOS.....	45
6.4. ENCUESTA	46
6.5. ANALISIS DE LA ENCUESTA PARA LOS FACTORES (1 RONDA)	50
6.6. ANALISIS DE LA ENCUESTA PARA LOS CRITERIOS (1 RONDA)	52
6.7. ANALISIS DE LA ENCUESTA (2 RONDA).....	56
6.8. VALORACIÓN DE LOS FACTORES Y CRITERIOS	58
6.9. CALIFICACIÓN Y RECOMENDACIÓN DE LA CONTINUIDAD OPERATIVA DEL POZO.....	65
7. METODOLOGÍA APLICADA AL CAMPO PEROLES.	70
7.1. GENERALIDADES CAMPO PEROLES.....	70
7.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	72
8. INSTRUCTIVO.....	93
9. CONCLUSIONES	94
10. RECOMENDACIÓN.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXO	99

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valoración de Criterios	23
Cuadro 2. Escala de Importancia Relativa	23
Cuadro 3. Ponderación de Criterios	24
Cuadro 4. Resultado del Criterio	29
Cuadro 5. Resumen Metodología	30
Cuadro 6. Factores y Criterios de decisión	41
Cuadro 7 Formato Encuesta	49
Cuadro 8. Descriptores Estadísticos de los Factores	50
Cuadro 9. Descriptores Estadísticos Criterios del Factor Financiero	52
Cuadro 10. Descriptores Estadísticos Criterios del Factor Externo Ambiental	53
Cuadro 11. Descriptores Estadísticos Criterios del Factor Mantenimiento	54
Cuadro 12. Descriptores Estadísticos Criterios del Ambiental	55
Cuadro 13. Descriptores Estadísticos de los Criterios Social	55
Cuadro 14. Escala Thomas Saaty (1994)	60
Cuadro 15 Matrices de Comparación	61
Cuadro 16. Ponderación de Factores y Criterios	62
Cuadro 17. Valoración Final	65
Cuadro 18. Formato de la Metodología	66
Cuadro 19. Indicadores Financieros Iniciales Evaluación Peroles	73
Cuadro 20. Factor Mecánico de Fondo Peroles	74
Cuadro 21. Factor Externo Ambiental Peroles	76
Cuadro 22. Factor Ambiental Peroles	80
Cuadro 23. Costos reposición tubería Peroles	82
Cuadro 24. Factor Mantenimiento Peroles	83
Cuadro 25. Factor Social Peroles	85
Cuadro 26. Información de Servicio a Pozo Peroles	86

Cuadro 27. Parámetros de Producción Peroles.....	86
Cuadro 28. Parámetros de Evaluación Peroles.	87
Cuadro 29. Indicadores Financieros Peroles iniciales	88
Cuadro 30. Factor Financiero inicial Peroles	88
Cuadro 31. Recomendación Generada para el Caso Peroles	89
Cuadro 32. Indicadores Financieros Peroles Finales.....	89
Cuadro 33. Comparación Indicadores Financieros Peroles	91
Cuadro 34. Comparación VPN.....	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Jerarquización de Criterios y Factores.....	28
Figura 2. Metodología Ranking Activos GRM	33
Figura 3. Formato Evaluación Financiera Ecopetrol	37
Figura 4. Análisis de Caja de los Factores.....	51
Figura 5. Reunión de Expertos (2 Ronda)	56
Figura 6. Jerarquización Factores y Criterios.....	63
Figura 7. Pesos de Factores y Criterios	64
Figura 8. Área de Producción Activo Lisama	70
Figura 9. Pozos Peroles.....	71

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Curva Producción Tesoro.....	18
Grafica 2. Participación Contratos Ecopetrol	31
Grafica 3. Participación Contratos en Hectáreas.	32
Grafica 4. Experiencia Encuestados.....	46
Grafica 5. Profesión Encuestados.....	46
Grafica 6. Producción Campo Peroles.....	72

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A FORMATO DE EVALUACIÓN	99
ANEXO B INSTRUCTIVO DE LA METODOLOGÍA	102

RESUMEN

TITULO: METODOLOGÍA DE DECISIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA DEFINIR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE POZOS, CASO CAMPO PEROLES DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE ECOPETROL*

AUTOR: WILLIAM ALBERTO PÁEZ CRESPO**

PALABRAS CLAVES: Continuidad Operativa, Pozos, Abandono, Factores, Criterios.

Actualmente, en Ecopetrol existen Gerencia Operativas con pozos productores de hidrocarburo con más de 30 años en operación. En algunos casos, estos pozos se han dejado inactivos por más de 10 años en espera de nuevas oportunidades tecnológicas y financieras que viabilicen la reactivación de los mismos.

Esto, conlleva a que la inactivación prolongada, incrementara los costos de intervención debido a los arreglos y construcción de facilidades requeridas que hacen inviable financieramente la reactivación de los pozos.

Desafortunadamente, la falta de decisión oportuna en cuanto a la continuidad de los pozos, hace que Ecopetrol tenga que invertir recursos adicionales para el abandono de estos y de esta forma cumpla con las normas legales vigentes.

El trabajo realizado, presenta el desarrollo de una metodología, donde inicialmente se identifican los factores y criterios que se deben tener en cuenta en la continuidad operativa de pozos, por medio de entrevistas y el desarrollo de la metodología Delphi.

Posteriormente, se realizó la comparación y ponderación de los factores y criterios por medio de matices de comparación por pares basado en una escala de importancia definida. Esto permitió establecer una jerarquización e identificar los factores y criterios que más afectan en la toma de la decisión.

Finalmente, se desarrolló un formato y un paso a paso que le permite a los involucrados de diferentes disciplinas aplicar la metodología, con el fin de entregar a los tomadores de la decisión una definición oportuna de la continuidad operativa de pozos bajo parámetros técnicos y financieros.

Una vez desarrollada la metodología, fue aplicada al caso “Campo Peroles”, donde se evidenció la importancia de su aplicación y la importancia de contar con cada uno de los partícipes en la operación de pozos.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Maestría en gerencia de Negocios. Director. Luz Stella Rueda Cadena

SUMMARY

TITLE: **METHOD OF TECHNICAL AND FINANCIAL DECISION TO DEFINE THE CONTINUITY OF WELLS, FIELD PEROLES CASE OF THE SUPERINTENDENSE OF OPERATIONS OF SEAS OF ECOPETROL***

AUTHOR: **WILLIAM ALBERTO PAEZ CRESPO****

KEYWORDS: **Operational Continuity, Wells, Abandonment, factors, criteria**

Currently, there is operational Management at Ecopetrol with hydrocarbon producing wells with more than 30 years in operation. In some cases, these wells have been left inactive for more than 10 years awaiting new technological and financial opportunities that make viable the reactivation of the same.

This ultimately led to a situation in which the prolonged inactivation increased the costs of intervention due arrangements and construction of required facilities that make unfeasible financially the reactivation of the wells.

Unfortunately, the lacks of timely decision as to the continuity of the wells creates the need to Ecopetrol of investing additional resources to the abandonment of these and thus meet the current legal norms.

The work presents the development of a methodology, where initially are identified the factors and criteria to be taken into account in the operational continuity of wells, through interviews and development of the Delphi methodology

Later, comparison and weighting of the factors and criteria tool place through shades of pairwise comparison based on a defined scale of importance. This allowed to set a hierarchy and to identify the factors and criteria that impact the decision making.

Once developed the methodology, it was applied to the case "Campo Peroles" where the importance of its implementation and the importance of each one of the participants in the operation of the wells was evidenced.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Master of Business Management. Luz Stella Wheel Chain Director

INTRODUCCIÓN

Los funcionarios que trabajan directamente en los planes de desarrollo de los campos y en opciones de optimización, buscan, como es racionalmente claro, incrementar o mantener la producción de sus activos. Es por esto, que les es muy difícil definir la continuidad de un pozo, ya que esta decisión implica contemplar la alternativa de abandonarlo. Situación que conlleva a perder ciertas reservas y disminuir la producción del activo a su administración.

Generalmente, la definición de la continuidad operacional, se basa en una evaluación financiera en la cual, en ocasiones, solo participan los funcionarios de los departamentos de Yacimientos e ingeniería de un activo, donde solo se evalúan reservas a recuperar y costos del trabajo. Pero se están dejando al lado factores de tipo técnico, social y ambiental que pueden en cierta forma afectar la decisión de continuar o no la operación de un pozo.

El presente proyecto, plantea una metodología, que le permitirá a los tomadores de decisión, involucrar diferentes factores y criterios para la decisión de dar continuidad operativa a los pozos. Factores de tipo técnico, como la confiabilidad de las líneas, sociales y ambientales, son tenidos en cuenta en este proceso.

Los factores y criterios que se tienen en cuenta para esta evaluación, fueron definidos mediante entrevistas a expertos utilizando la metodología Delphi, donde se buscó un consenso de opiniones de expertos. Una vez definidos los factores y criterios, se efectuó la jerarquización, se ponderó cada factor y criterio mediante la aplicación de matrices de comparación por pares, esto permitió establecer los pesos referentes que deben tener cada factor y criterio en la decisión de continuidad.

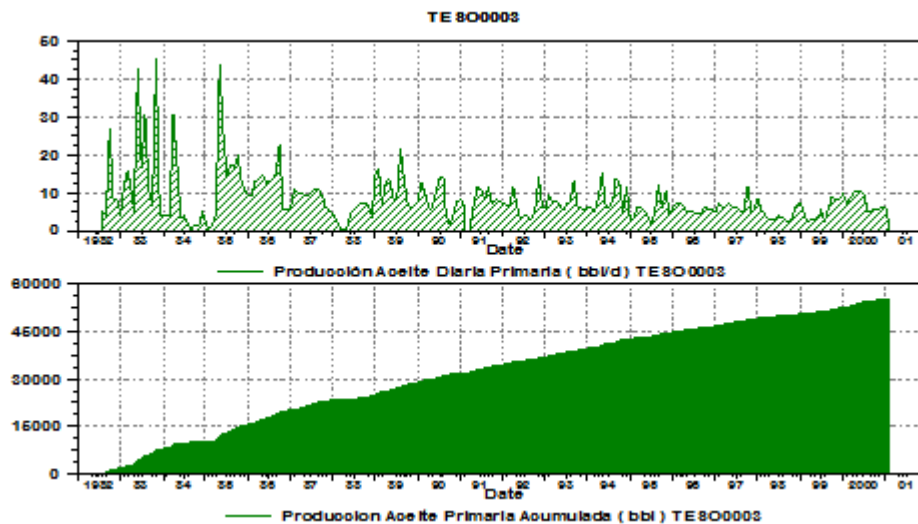
Por medio de un paso a paso, se describe, en que consiste la metodología y cómo será su desarrollo, quienes deben participar y cuáles son los entregables de cada uno. Esto, con el fin de facilitar la toma de la decisión y asegurar que todos los involucrados participen en este proceso.

De igual forma, se da su aplicación en el caso específico del campo Peroles perteneciente a la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción de Mares, evaluando cinco pozos que actualmente se encuentran inactivos y en operación.

1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en Ecopetrol, existen Gerencias de Operaciones que administran pozos cuya vida productiva ha superado las proyecciones de producción de hidrocarburos (crudo – gas) que se habían estimado en sus inicios y algunos se encuentran aún en operación después de casi 30 años de vida (Grafica 1.). Su baja producción originada en la declinación natural de los yacimientos y los costos asociados al mantenimiento y operación, hacen que no sean rentables para las Superintendencias, generando en algunos casos pérdidas de valor.

Grafica 1. Curva Producción Tesoro



La falta de decisión oportuna de la continuidad operativa de pozos en Ecopetrol, especialmente en la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción de Mares, ha llevado a que se inactiven pozos (por largos periodos de tiempo 10 a 20 años) en espera de nuevas técnicas y toma de decisiones a abandonar, haciendo que los costos de un abandono o reactivación de los pozos sea inviable dado el deterioro de la localizaciones, robos y desmantelamientos de líneas de flujo y

eléctricas. Los costos de un abandono de pozo no oportuno se incrementan en un 100% con respecto a un abandono convencional definido a tiempo.

Las Gerencia operativas, como responsables directas de la administración de los campos, no cuentan con un procedimiento y no tienen claro, los responsables directos que permitan definir la continuidad operativa de los pozos que se encuentran en esta situación, generando la necesidad, de contar con una metodología, que una vez desarrollada, le permita al tomador de la decisión, en este caso los Jefes de Departamento, definir bajo parámetros técnicos y financieros la continuidad de los pozos bajo su administración.

Contar con una metodología que permita definir la continuidad de los pozos, permitirá que las decisiones estén soportadas en parámetros definidos por un equipo interdisciplinario de expertos de cada Gerencia. Esto se plasmará en una metodología escrita que sirva de base a las Gerencias para el análisis de la continuidad de los pozos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología que permita evaluar factores críticos, para la toma de decisiones de continuidad de operación de los pozos, aplicándola al campo Peroles de la Superintendencia de Operaciones de Mares.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar metodologías de definición de continuidad de pozos o abandono a nivel nacional, a partir de revisión de literatura e información histórica de empresas del sector
- Identificar los factores técnicos, financieros, sociales, ambientales que Ecopetrol tiene para considerar la rentabilidad de un activo.
- Analizar técnicas de análisis multicriterio y establecer una que permita definir la valoración y ponderación de los factores que establezcan un criterio de continuidad de un pozo.
- Diseñar una metodología que permita evaluar la continuidad de pozos desde criterios definidos.
- Aplicar y ajustar la metodología diseñada, en el Campo Peroles de la Súper Intendencia de Operaciones de Mares.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. REUNIÓN CON EXPERTOS, POR MEDIO DE ENTREVISTAS.

Método DELPHI.

El método Delphi es una técnica prospectiva que tiene como objetivo obtener información cualitativa de algún problema planteado. Está basada en la opinión de un grupo de expertos, cuyo fin es obtener un consenso basado en la discusión.

Su funcionalidad, se basa en cuestionarios repetitivos, con el objetivo de poner en acuerdo las opiniones y de esta forma deducir los puntos en consenso. La elaboración de cuestionarios sucesivos, buscan disminuir la desviación de opinión entre los expertos.

Este método está conformado por varias fases:

Fase 1: Formulación del problema

Fase 2: Elección de expertos

Fase 3: Elaboración de cuestionarios

Fase 4: Desarrollo práctico y exploración de resultados.

3.2. EVALUACIONES MULTICRITERIO

La mayoría de problemas o situaciones que pueden enfrentar las personas y empresas, generalmente deben ser evaluados con respecto a varios objetivos de manera simultánea. Si existe alguna situación, que deba escoger la mejor

alternativa de solución, se debe considerar simultáneamente una variedad de Objetivos o criterios para la evaluación de diferentes alternativas que puedan ser consideradas.

Cuando se presentan este tipo de problemas de decisión, donde se deben tener en cuenta diferentes objetivos, estamos hablando de decisiones con múltiples objetivos, en donde algunos de estos pueden ser representados con variables cuantitativas y otras cualitativas. Es importante mencionar, que algunos de estos objetivos pueden ir en contravía con otros generando conflicto entre estos.

Para enfrentar este tipo de problemas, es necesario, establecer importancias relativas de cada uno de los objetivos del problema y de igual forma, evaluar el desempeño de las alternativas consideradas con respecto a cada uno de los objetivos establecidos.

Para la asignación de pesos relativos se cuentan con:

3.3. MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES PARA PESO DE FACTORES Y CRITERIOS.

La matriz de comparación por pares, es un elemento del método de Jerarquización Analítica¹, desarrollada por el Dr. Thomas L. Saaty, instrumento para la evaluación y selección de alternativas, fuerte en sus fundamentos matemáticos.

En la segunda etapa del método de jerarquización, Evaluación de los criterios de valoración, se elabora una matriz de comparación de los diferentes criterios (Cuadro 1) con el fin de determinar la importancia relativa entre cada uno de ellos.

¹ SANCHEZ, Gabriel. Técnicas Participativas Para la Planeación. Cap 6

El objetivo es determinar la influencia de los criterios sobre los demás criterios y establecer pesos relativos sobre la decisión final.

En estas matrices, se compara como ya se mencionó cada criterio sobre sus demás criterios bajo una Escala de Importancia Relativa del DR. Thomas L. Satty (Cuadro 2).

Cuadro 1. Valoración de Criterios

	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3
CRITERIO 1	1	4	0,5
CRITERIO 2	2	1	0,25
CRITERIO 3	2	4	1
TOTAL	5	9	1,75

Cuadro 2. Escala de Importancia Relativa

Escala de Importancia Relativa		
Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Igual Importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio están moderadamente a favor de una actividad sobre la otra
5	Importancia Fuerte	La experiencia y el juicio están fuertemente a favor de una actividad sobre la otra
7	Importancia muy fuerte	Una actividad está muy fuertemente favorecida y su dominio ha sido demostrado en la práctica
9	Importancia extrema	Es máxima la importancia de una actividad sobre la otra
2,4,6,8	Valores intermedios entre los dos juicios contiguos	Cuando un término medio es necesario
Recíproco de los números de arriba	Si al elemento i le fue asignado alguno de los números de arriba al compararse con el elemento j, entonces j tiene el valor recíproco cuando se compara con el elemento i	

Fuente: Capítulo 6- Técnica Participativas Para La planeación

Una vez determinada la importancia entre criterios, se dividen la valoración de cada criterio (Cuadro 3), sobre su sumatoria, posteriormente, se suma cada fila y se divide por el número de criterios estableciendo de esta forma la ponderación relativa de cada criterio.

Cuadro 3. Ponderación de Criterios

	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3		PESOS
CRITERIO 1	1/5 (+)	4/9 (+)	0,5/1,75	=	0,31
CRITERIO 2	2/5 (+)	1/9 (+)	0,25/1,75	=	0,22
CRITERIO 3	2/5 (+)	4/9 (+)	1/1,75	=	0,47
					1

3.4. EVALUACIÓN FINANCIERA.

Los proyectos son el resultado que se tiene de satisfacer necesidades, aprovechar oportunidades o de solucionar problemas con beneficio económicos a personas o grupos.

Cualquier inversión que se realice, solo podrá considerarse atractiva para los grupos de interés, cuando el incremento esperado de los ingresos netos a futuro², sobrepasen los esfuerzos y costos que se realicen para llevarlo a cabo. Esto llevado a valor presente con respecto a una tasa de interés respetando el concepto del valor del dinero con el tiempo.

$$\text{BENEFICIO} > \text{COSTO} + \text{INVERSIÓN}$$

Cuando se evalúan proyectos, se generan numerosas alternativas cuyo objetivo es generar valor a las empresas o grupos de interés, pero es posible que exista

² VECINO, Carlos. Fundamentos de Ingeniería Económica. Universidad Industrial de Santander

una, la cual sea no realizar el proyecto y mantener la situación tal como se encuentra. Es decir, no realizar la inversión ya que no se alcanzan los beneficios esperados.

Existen criterios para la toma de estas decisiones, uno, es con respecto a la diferencia entre los ingresos y egresos de los proyectos, donde se evalúa la diferencia entre estos teniendo en cuenta que se encuentren en el mismo periodo de tiempo, ya sea pasado o futuro, llevados a este por medio del interés de oportunidad de los inversionistas.

VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El VPN es definido como la utilidad neta adicional que se tendría en un proyecto, superior a si se hubiese invertido el mismo recurso a una tasa de oportunidad.

El VPN, consiste en llevar a presente o un tiempo cero, los flujos tanto negativos como positivos a una tasa de interés o de oportunidad. Este resultado puede generar:

VPN POSITIVOS: El proyecto genera mayor rentabilidad comparada con la inversión de los recursos a una tasa de oportunidad.

VPN CERO: En el proyecto, obtiene cero recursos adicionales comparados con invertir los recursos a una tasa de oportunidad.

VPN NEGATIVO: Se interpreta como una utilidad, que se deja de percibir si se realiza el proyecto.

4. METODOLOGÍA

4.1. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES.

Se planteó realizar encuestas a profesionales expertos en cada área, que de acuerdo a sus experiencias, fortalezas y expectativas permitieron identificar los siguientes factores que pueden afectar la definición de continuidad operativa de pozos:

- Temas Técnicos. Funcionarios del Departamento De Mantenimiento e Ingeniería y Confiabilidad
 - Coordinadores IMS (Ingenieros Civiles, Mecánicos)
 - Líderes de Áreas (Ingenieros de Petroleos)
- Temas Sociales. Funcionarios de vicepresidencia de HSE y social
 - Coordinadores de Superintendencias (Administradores)
- Temas Ambientales: Funcionarios del departamento GYRO
 - Coordinadores (Ingenieros Ambientales)

Por medio del Método DELPHI, se obtuvo información cualitativa y relativamente precisa, de que aspectos se deben tener en cuenta para la construcción de factores y criterios de continuidad de pozos. Este método, permitió que expertos de varias áreas, que estaban directamente involucrados en este proceso y desde

su punto de vista, identifiquen estos factores y permitan construir los criterios de evaluación.

Para establecer con una mayor precisión la estimación de los encuestados referente a la importancia de los factores y criterios, se utilizaron descriptores estadísticos, que permitieron determinar la tendencia, en cuanto a importancia, de los criterios y factores evaluados. Este permitió dar un insumo más cercano a la realidad al momento de determinar la jerarquización de los factores y criterios.

4.2. DEFINICIÓN DE VALORIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN

Una vez teniendo claros los factores y criterios, se definió un orden jerárquico donde se represente el objetivo a desarrollar, que en este caso es la definición de la continuidad del pozos en la operación, y como se identifica cada factor y sus respectivos criterios.

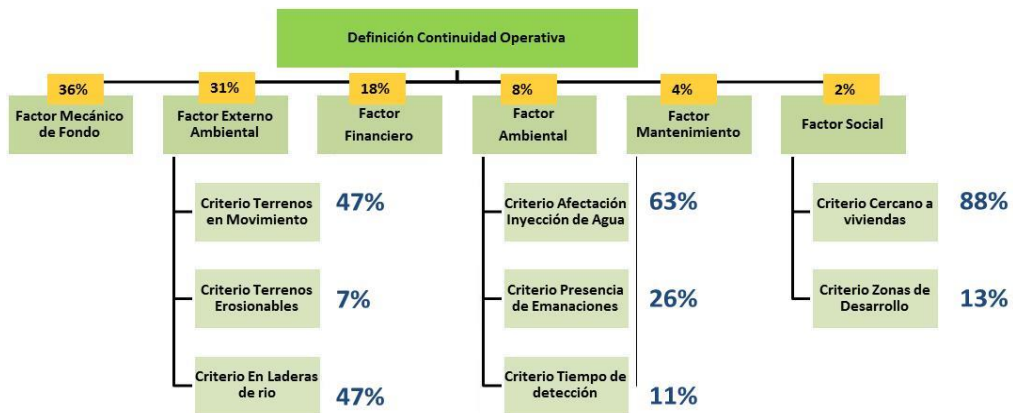
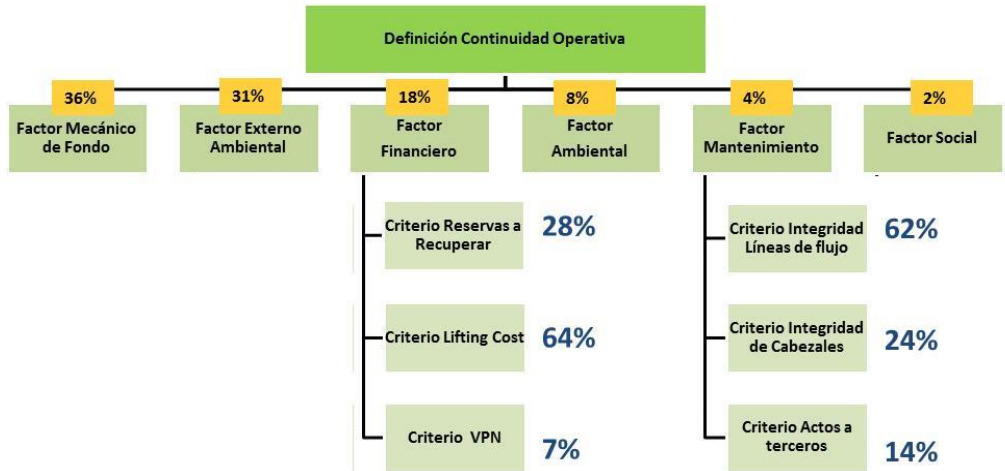
Previamente, se realizaron matrices de comparación utilizando la escala de Importancia Relativa de Thomas L Satty³ en la cual se comparó cada factor y criterio sobre la decisión final de continuidad operativa. Teniendo como insumo importante el resultado de los descriptores estadísticos de la valoración de criterios y factores.

Posteriormente, por medio de las matrices de comparación por pares, se obtuvo un valor cualitativo de cada criterio sobre su factor y de cada factor sobre la decisión final de continuidad operativa.

Esto permitió generar la jerarquización de los factores y criterios (Figura 1) sobre la decisión final.

³ CASTILLO, Mario, Toma de Decisiones En Las Empresas. Cap 9

Figura 1. Jerarquización de Criterios y Factores



Una vez determinada la ponderación de los factores y criterios, el resultado final se genera por medio de la sumatoria del resultado de cada criterio multiplicada por su ponderación, este resultado arrojará el valor real de un factor. A su vez, se realizara la suma de los productos de cada factor con su ponderación, arrojando un resultado final en % de la definición de la continuidad de un pozo.

La valoración de la decisión final que arroja la metodología, se realizó por medio de varias simulaciones que contemplaron todo tipo de escenarios, desde pozos altamente críticos, hasta pozos sin ningún problema operativo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultado del Criterio

VALORACIÓN FINAL %	RECOMENDACIÓN
100 A 37	POZO PARA ABANDONO DEFINITVO
37 A 15	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO
15 A 5	POZO PARA EVALUAR FINANCIERAMENTE SU CONTINUIDAD
5 A 0	POZO PARA CONTINUIDAD OPERATIVA

4.3. EVALUACIONES CRITERIOS FINANCIEROS.

Uno de los criterios más influyentes dentro de la definición de continuidad, es la evaluación financiera, la cual se plantea realizar mediante la comparación del estado de costos de cada pozo y el método VPN. En el formato de evaluación realizado, permitirá que cada experto que esté involucrado en el desarrollo de la metodología ponga los costos asociados a la evaluación de cada factor.

Estos costos se sumaran y por medio del formato VPR-VPR-F-011* de la Vicepresidencia de Producción de Ecopetrol. Se identificarán los indicadores financieros de VPN y TIR que complementan la metodología propuesta.

* Formato de Evaluación Económica de Intervención a Pozos Productores de Crudo

4.4. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA

Por medio de la descripción de un paso a paso, se planea dar a conocer el objetivo que se busca obtener y la forma como se debe desarrollar, identificando quienes deben estar involucrados y sus integrables.

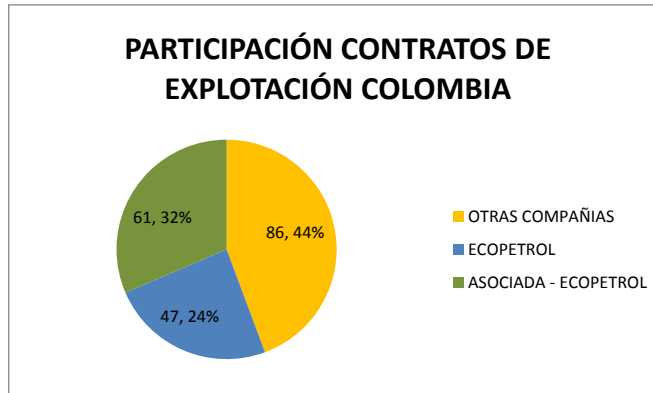
Cuadro 5. Resumen Metodología

TITULO: Metodología de decisión técnico-financiera para definir la continuidad operativa de pozos, caso Campo Peroles de la Superintendencia de Operaciones de Mares de Ecopetrol			
OBJETIVO GENERAL: Desarrollar una metodología que permita evaluar factores críticos, para la toma de decisiones de continuidad de operación de los pozos, aplicándola al campo Peroles de la Superintendencia de Operaciones de Mares.			
	Objetivos Específicos	Metodología	Herramientas y/o técnicas a utilizar.
1	Identificar metodologías de definición de continuidad de pozos o abandono a nivel nacional, a partir de revisión de literatura e información histórica de empresas del sector	1.1 Reunión con expertos 1.2 Consultas en literatura	* Excel
2	Identificar los factores técnicos, financieros, sociales, ambientales que Ecopetrol tiene para considerar la rentabilidad de un activo.	2.1 Reunión con expertos 2.2 Diseño de encuesta 2.3 1ra Ronda de encuestas 2.4 2da Ronda de encuesta (Reunión) 2.5 Analisis de la encuesta (Descriptor Estadísticos)	*Metodo Delphi *Descriptor Estadísticos
3	Analizar técnicas de análisis multicriterio y establecer una que permita definir la valoración y ponderación de los factores que establezcan un criterio de continuidad de un pozo.	3.1 Reuniones con expertos 3.2 Matrices de Comparación 3.3 Matrices de comparación por pares 3.4 Jerquización de criterios y Factores 3.5 Simulación de resultados de la metodología 3.6 Evaluaciones Financieras	* Proceso Analítico Jerárquico * Metodo VPN * Excel
4	Diseñar una metodología que permita evaluar la continuidad de pozos desde criterios definidos.	4.1 Establecer un método paso a paso que permita definir la continuidad de un campo. 4.2 Identificación de responsables y funciones	* World * Excel
6	Aplicar y ajustar la metodología diseñada, en el Campo Peroles de la Súper Intendencia de Operaciones de Mares.	5.1 Aplicación de la metodología a un campo específico	* World * Excel

5. IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS ASOCIADAS

Dentro de los contratos actuales de explotación, en continente, asignados por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en Colombia, Ecopetrol tiene una participación para el 2015 del 56% en el número de contratos asignados en participación directa o en asociación (Figura 4).

Grafica 2. Participación Contratos Ecopetrol



En cuanto a extensión en área de operación en los mismos contratos de explotación asignado por la ANH, de un total de 2'205.775,00 hectáreas, Ecopetrol tiene injerencia en el 87% de la operación asignada (Directa y Asociada) (Figura 5). Es decir, que Ecopetrol es el Pareto de las operaciones petroleras en Colombia, siendo referente a nivel nacional de estas actividades.

Grafica 3. Participación Contratos en Hectáreas.



En este contexto, se dio inicio a la identificación de metodología existente de continuidad operativa de pozos.

5.1. METODOLOGÍAS EN ECOPEPETROL

1. Ranking Activos GRM.

El Departamento de Gestión y Crecimiento de cada Gerencia Operativa, ha definido parámetros de clasificación para los campos, donde, bajo unos criterios se identifica el índice de desempeño global (IDG) de cada campo, con el fin de determinar el futuro inmediato del activo, sin ser una metodología oficial de Ecopetrol.

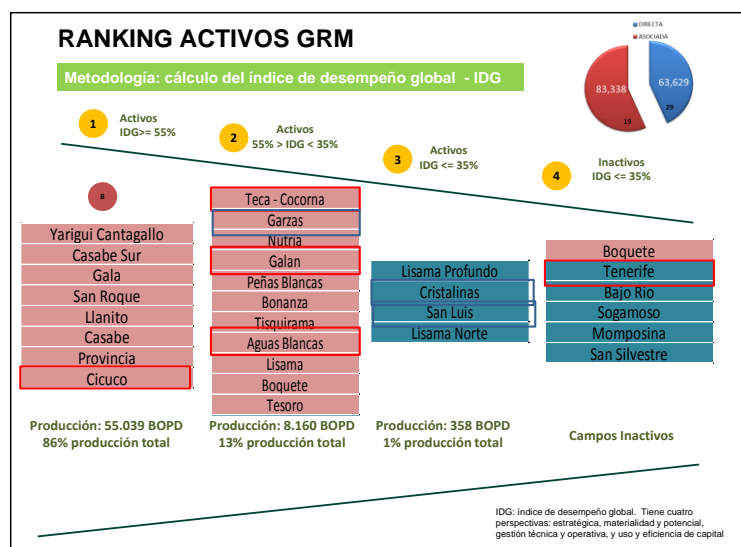
El índice de desempeño global (IDG), permite generar un ranking de campos por medio de la evaluación de cuatro criterios:

- Criterio Orientador estratégico
- Criterio Materialidad y Potencial
- Criterio Gestión Técnica y operativa
- Criterio eficiencia del capital

En el **Criterio Orientador Estratégico**, se valora la orientación estratégica de los campos en cuanto a la clase de negocio que se maneja en estos, como lo es el negocio de crudo, gas y si está asociado a un tipo de proceso para mejoramiento del factor de recobro (inyección de fluidos). **El Criterio de Materialidad y Potencial**, valora el tipo de reservas que posee el campo, el factor de recobro que puede alcanzar y la producción actual del campo. **El criterio de Gestión Técnica y Operativa**, por su parte, evalúa las modalidades contractuales, y los factores de seguridad, logística y ambiental de la zona. El último criterio, **Eficiencia de Capital**, valora los valores presentes netos de los campos y sus lifting cost comparados con campos análogos.

A estos criterios y sub-criterios, se le asigna un peso determinado, los cuales se suman y permiten definir el IDG de los campos, definiendo, que para campos cuyos valores estén por debajo del 35% entrarían a un proceso de revisión o desinversión (Figura 2). Es de aclarar, que esta metodología, fue diseñada, para el análisis de Campos y no para casos individuales de pozos, cuyos criterios pueden ser diferentes.

Figura 2. Metodología Ranking Activos GRM



Fuente: Ecopetrol

2. Metodología de Gestión de Integridad de Pozos Inactivos y Abandonados

La metodología de Gestión de Integridad de Pozos Inactivos y Abandonados⁴, describe como realizar el aseguramiento de integridad mecánica de pozos en sus estados de inactividad o en abandono permitiendo direccionar los recursos de inversión del campo en función del riesgo de mitigar gradualmente el riesgo ambiental de la compañía.

Esta metodología, contempla varias etapas que contemplan:

- **Recopilación de información.** En esta etapa se recopila, revisa, tabula e integra información disponible que permitan establecer como mínimo los parámetros requeridos para determinar las consecuencias socio-ambientales de cada pozo, los potenciales de falla, la probabilidad de ocurrencia y por ende la definición del riesgo.
- **Definición de amenazas.** Hace referencia a la identificación de las características específicas de equipos y los ambientes a los que están expuestos tanto interna como externamente que de alguna forma pueden llegar a definir la probabilidad de ocurrencia de fallas.
- **Evaluación del Riesgo.** En esta etapa, la metodología permite priorizar la ejecución del plan de aseguramiento de pozos, con el fin de cumplir con las especificaciones mínimas de control de riesgo ambiental y operacional del campo. La evaluación del riesgo se realiza en función de los parámetros integrados que afectan tanto la probabilidad y la consecuencia según la matriz de riesgos de Ecopetrol. Parámetros:

Pozos Inactivos:

Presencia de emanaciones

Afectado por frente de recobro

⁴ LÓPEZ, Ludwing. Metodología de Gestión de Integridad de Pozos Inactivos y Abandonados

Válvula de control en cabeza de pozo
Tiempo de inactividad
Locación asegurada
Zonas de alta consecuencia

Pozos Abandonados: Presencia de emanaciones
Afectado por frente de recobro
Aislamiento de zonas productoras
Zonas de alta consecuencia

Cada uno de los parámetros tiene su porcentaje de relevancia o ponderación en el resultado final de la evaluación del riesgo.

- **Elaboración Plan de acción.** En esta etapa, se desarrollan los planes de acción definidos como adecuados y pertinentes en el proceso de evaluación del riesgo. A través de la aplicación de esta metodología se puede, como plan de acción para mitigar el riesgo, la implementación del procedimiento de aseguramiento de pozos en superficie definido por Ecopetrol.

3. Evaluaciones Financieras de Trabajos de Work Over

Ecopetrol cuenta con el formato de evaluación financiera VPR-VPR-F-011* de la Vicepresidencia de Producción de Ecopetrol (Figura 3). El cual tiene como propósito ser una herramienta para la toma de decisiones al momento de realizar intervenciones a pozos tendientes a los mantenimientos de la producción del campo.

En la evaluación financiera, se evalúan los siguientes parámetros:


1. Duración del trabajo en días
2. Presupuesto de dólares del trabajo de Work Over o Servicio a Pozo

* Formato de Evaluación Económica de Intervención a Pozos Productores de Crudo

3. Tiempo Medio de Falla
4. Potencial de crudo en barriles esperado posterior a la intervención
5. Declinación histórica
6. Costo de levantamiento
7. Tasa de descuento
8. Precio WTI
9. Calidad y Transporte
10. Regalías
11. Impuesto de venta

Con la información suministrada, el modelo de evaluación, calcula los indicadores financieros a dos periodos de tiempo e indica la viabilidad de realizar o no el trabajo.

Figura 3. Formato Evaluación Financiera Ecopetrol

	FORMATO EVALUACIÓN ECONÓMICA DE INTERVENCIONES A POZOS PRODUCTORES DE CRUDO		
	EXTRACCIÓN VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCIÓN		
	VPR-VPR-F-011	Elaborado 02/05/2012	Versión: 1

FEHA ACTUAL:	<input type="text" value="03/15/2014"/>	mm/dd/aaaa
DILIGENCIADO POR:	<input type="text" value="WILLIAM ALBERTO PAEZ"/>	REGISTRO: <input type="text" value="E0193263"/>
CAMPO:	<input type="text" value="PEROLES"/>	POZO: <input type="text" value="PEROLES 02"/>
OBJETIVO:	<input type="text"/>	

INFORMACION DEL SERVICIO A POZO		
DURACION	<input type="text" value="12"/>	días
PRESUPUESTO	<input type="text" value="197,665"/>	USD
FECHA EJECUCION	<input type="text"/>	mm/dd/aaaa
TIEMPO MEDIO DE FALLA	<input type="text" value="24"/>	Meses

PARAMETROS DE PRODUCCION		
PROD. ANTES DE SERVICIO	<input type="text" value="-"/>	BPPD
DECLINACION HISTORICA	<input type="text" value="0.086"/>	año-1
POTENCIAL ESPERADO	<input type="text" value="56.0"/>	BPPD
DECLINACION ESPERADA	<input type="text" value="0.086"/>	año-1

PARAMETROS DE EVALUACION		
COSTO DE LEVANTAMIENTO	<input type="text" value="43.00"/>	USD/BL
TASA DESCUENTO	<input type="text" value="11.0"/>	% EA.
PRECIO WTI	<input type="text" value="70.00"/>	USD/BL
CALIDAD & TRANSPORTE	<input type="text" value="7.22"/>	USD/BL
REGALIAS DE PROD. BASICA	<input type="text" value="20"/>	%
IMPUESTO DE RENTA	<input type="text" value="36"/>	%

RESULTADOS EVALUACION FINANCIERA		
A TIEMPO MEDIO DE FALLA	<input type="text" value="24"/>	meses
SERVICIO A POZO NUEVAMENTE EN	<input type="text" value="Dec-01"/>	
VPN	<input type="text" value="(34,779)"/>	USD
COSTO DE LA INVERSION	<input type="text" value="197,665"/>	USD
EFI	<input type="text" value="(0.18)"/>	
TIEMPO RECUPERACION DE INVERSION	<input type="text" value="25"/>	meses
COMENTARIO	<input type="text" value="NO SE RECOMIENDA SERVICIO DADO QUE NO RECUPERA INVERSION ANTES DE FALLA"/>	
A LIMITE ECONOMICO	<input type="text" value="#N/A"/>	meses
CORRESPONDE A LA FECHA	<input type="text" value="#N/A"/>	
VPN	<input type="text" value="(34,779)"/>	USD
EFI	<input type="text" value="(0.18)"/>	
TIEMPO DE RECUPERACION DE INVERSION	<input type="text" value="25"/>	meses
COMENTARIO	<input type="text" value="#N/A"/>	

Fuente. Ecopetrol

Dentro de las metodologías identificadas en Ecopetrol, se observó que aun cuando tenga aplicabilidad en cada una de sus área, operacionalmente no son aplicables para definir la continuidad operativa de los pozos por parte cada

Gerencia, ya que no tienen en cuenta algunos factores de gran importancia para la toma de decisión.

Aunque individualmente no sean aplicables para el objetivo de determinar la continuidad operativa de pozos, si existen factores y criterios que deben ser utilizados dentro de la presente metodología. Estos criterios, deben ser considerados y ajustados a esta nueva tecnología que le permita al tomador de decisión optar por la mejor alternativa para la compañía.

5.2. METODOLOGÍAS FUERA DE ECOPETROL

Dada la dificultad de encontrar información sobre otras metodologías para la definición de la continuidad operativa de pozos, se realizaron consultas telefónicas a diferentes compañías, las cuales permitieron concluir la existencia de algún procedimiento a seguir o metodología existente.

En términos generales, las compañías aplican procedimientos técnicos y financieros para determinar la ejecución de los trabajos propuestos. Y en el caso de tener un resultado positivo en la evaluación financiera se procede a su ejecución. Previamente se realizan análisis de:

- Análisis de condiciones de Yacimiento.
 - Presión de fondo
 - Modelo Petrofísico
 - Modelos dinámicos y estáticos

- Análisis de fondo de pozo:

- Estado mecánico del pozo
- Presupuesto de la actividad

- Evaluación Financiera:
 - VPN / TIR

Métodos muy similares al utilizado por Ecopetrol en sus **EVALUACIONES FINANCIERAS DE TRABAJOS DE WORK OVER.**

6. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

6.1 METODO DELPHI.

Este método para definir los factores, se escogió debido a que la técnica facilita el proceso de consulta a partir de la respuesta de expertos a una serie de encuestas que permitan tener un consenso, y de esta forma generar juicios de forma grupal los cuales tienen mayor validez a los juicios individuales.

Este método, permite tener un acuerdo entre expertos seleccionados, con un perfil específico, donde la opinión es relevante y pueda reducir errores a cualquier opinión objetiva, esta metodología, es capaz de manejar grandes cantidades de información eliminando aquellas entradas que no aporten al ejercicio.

El propósito final es generar el debate, presentar y retroalimentar a partir de cuestionarios y concluir con un consenso grupal.

6.2 ELABORACIÓN Y LANZAMIENTO DE CUESTIONARIOS

El diseño general del método para la definición de factores y criterios, fue liderado por cuatro expertos de temas diferentes dentro del proceso de desincorporación de activos, quienes tienen conocimiento suficiente y definieron los factores y criterios según su experiencia. En esta etapa, se realizó una reunión grupal en la cual participaron: Un (1) Ingeniero de petróleos, dos (2) ingenieros Civiles y Un (1) ingeniero mecánico.

Los cuestionarios fueron desarrollados, de tal forma que facilitaran las respuestas de los expertos por medio de preguntas cerradas las cuales hacen referencia a factores y criterios para definir la continuidad operativa de un pozo con el objetivo de identificar el grado de importancia de cada una de las variables que influyen el tema de continuidad.

En la reunión sostenida entre los cuatro expertos, se definieron los siguientes factores y criterios, que deben influir en la decisión de continuidad operativa de los pozos (Cuadro 6):

Cuadro 6. Factores y Criterios de decisión

FACTORES	CRITERIOS
1. FINANCIERO	RESERVAS A RECUPERAR
	LIFTING COST
	VPN DE UN PROYECTO
2. EXTERNO AMBIENTAL	POZOS EN TERRENOS EN MOVIMIENTO
	POZOS EN TERRENEOS EROSIONABLES
	POZOS CERCANOS A LADERAS DE RIOS
3. AMBIENTAL	POZOS AFECTADOS POR INYECCIÓN DE AGUA
	PRESENCIA DE EMANACIONES
	TIEMPO DE DETENCIÓN
4. SOCIAL	POZOS CERCANOS A ZONAS CERCAS VIVIENDAS
	POZOS EN ZONAS DE DESARROLLO
5. MANTENIMIENTO	INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO
	INTEGRIDAD DE LOS CABEZALES
	ACTOS A TERCEROS

Estos factores y criterios se definieron según las siguientes consideraciones entre los expertos:

1. **Factor Financiero.** Donde se definen los principales indicadores financieros que se deben tener en cuenta para la ejecución de algún trabajo:
 - **Criterio Reservas a Recuperar.** Se refiere a los barriles que puede recuperar un pozo en su estado activo, o los que puede recuperar por

alguna actividad de reactivación. Se define un parámetro de 30kbls a cuatro años. Lo que hace referencia al 10% de reservas a recuperar en un pozo Nuevo.

- **Criterio Lifting Cost.** Se refiere a una comparación del costo de levantamiento del campo al cual pertenece el pozo en estudio. Una comparación con el costo de levantamiento del área de operación del campo. Donde se define si es mayor o menor al costo de levantamiento del área.
- **VPN de Un Proyecto.** Se refiere al Valor Presente Neto de algún tipo de trabajo que se pueda realizar al pozo en estudio, para la recuperación de reservas. Este valor puede ser positivo o negativo.

2. **Factor Externo Ambiental.** Donde se definen los criterios externos ambientales a la operación. Donde la operación aun cuando tenga la capacidad de realizar trabajos preventivos, las condiciones ambientales severas pueden definir el abandono definitivo de un pozo.

- **Criterio Pozos en Terrenos en Movimiento.** Hace referencia a los deslizamientos (“Landslides”)⁵ consisten en “movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden 1991). La naturaleza precisa del proceso no está incluida en la definición e incluye procesos que son producto de la acción de las fuerzas gravitacionales, hidráulicas, etc. De maneja general se clasificaron en BAJO <3m en el cuerpo del deslizamiento, MEDIANO, entre 3m-20m y ALTO mayor a 20m.

⁵ BOHORQUES INGENIERÍA, Estudio Geológico, Geomorfológico, Hidrogeológico de los Pozos Ubicados en el Bloque de Campo Nutria-Lisama

- **Terrenos Erosionables⁶**. Hace referencia al desprendimiento, transporte y depósito de partículas o masas pequeñas de suelo o roca por, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua. El flujo puede concentrarse en canales procediendo surcos y cárcavas. Las gotas de lluvia contribuyen al desprendimiento de las partículas o granos, lo cual produce sedimentación de materiales en el pie del talud. De manera general se puede clasificar la tendencia a la erosión del terreno en BAJA, MEDIA y ALTA.

 - **Pozos Cercanos a Laderas de Rios**. Hace referencia a los procesos erosivos ocasionados por socavación normal⁷ en el lecho de la corriente, en donde una corriente de agua que se desplaza en su cauce tiene cierta capacidad de suspender y arrastrar partículas sólidas que constituyen el lecho sobre el que ocurre el flujo. Esto afecta directamente a los pozos productores de hidrocarburo, ya que en la actualidad, algunos de estos pozos se encuentran en riesgo alto debido a los procesos erosivos de los ríos. De manera general se puede calificar la tendencia erosiva como BAJA, MEDIA y ALTA.
3. **Factor Ambiental**. Hace referencia a las condiciones ambientales que en cierta forma la operación puede controlar en la vida productiva de un pozo.
- **Pozos Afectados por Inyección de Agua**. Hace referencia a la predicción hacia el comportamiento del frente de inyección y la afectación a los pozos observados. Cualquier aumento en la presión del yacimiento puede generar afectaciones en los estados mecánicos de los pozos y posibles escapes de fluido. Este factor se clasifica como pozo con o sin afectación (SI/NO)

⁶ BOHORQUES INGENIERÍA, Estudio Geológico, Geomorfológico, Hidrogeológico de los Pozos Ubicados en el Bloque de Campo Nutria-Lisama

⁷ SANTIAGO, María, Hidraulica de Rios Socavación en Rios Puentes y Carreteras

- **Presencia de Emanaciones.** Se evalúa de manera directa mediante una afirmación. Permite por medio de visitas a las localizaciones la presencia o no de emanaciones en los alrededores del pozo.
 - **Tiempos de Detención.** Hace referencia al impacto del cumplimiento de la resolución No 181494 del Ministerio de Minas, donde se definen un plazo máximo de inactivación de 6 meses⁸. Este factor se calificará de acuerdo al tiempo de inactivación con referencia a la norma en ALTO, MEDIO y BAJO.
4. **Factor Social.** Hace referencia al impacto social de la actividad de los pozos sean activos o inactivos.
- **Pozos Cercanos a Zonas de Vivienda.** Hace referencia a la cercanía de zonas pobladas a los pozos en producción o inactivos. Tomando como referencia el plan ambiental de cada área, donde estipula que la distancia menor a una vivienda es de 50mts. ALTO: Menos de 50mts, Medio Entre 50mts a 100mts y BAJO más de 100mts
 - **Pozos en Zonas de Desarrollo.** Hace referencia a una afirmación, donde se tiene conocimiento de algún tipo de desarrollo en cercanías a los pozos.
5. **Factor Mantenimiento.** Hace referencia a los factores propios del departamento de mantenimiento en cuanto a la integridad mecánica de las fisilidades de superficie.
- **Integridad de la Líneas de Flujo.** Hace referencia a la existencia e integridad de las líneas de flujo del pozo activo o inactivo. Específicamente en la categorización de la corrosión teniendo como estándar la norma NACE

⁸ COLOMBIA MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Resolución 181495 de 2009. [en línea] [citado 10 de junio de 2015] Disponible en: www.minminas.gov.co

ESTÁNDAR RP0-07-75, donde se definen los siguientes parámetros: SEVERO > 0.25mm/y o línea inexistente, ALTO entre 0.13mm/y – 0.25mm/y, MODERADO entre 0.025mm/y - 0.12mm/y y BAJO <0.025mm/y.

- **Integridad de los Cabezales.** Hace referencia a si los pozos tiene asegurado o no sus salidas al medio ambiente, referentes a las válvulas de Casing y Tubing. De igual forma evalúa la integridad de los cabezales en cuanto a si existe algún tipo de fuga en el mismo por medio de un inspección visual. Este parámetro es evaluado por medio de una afirmación.
- **Actos de Terceros.** Hace referencia a los daños ocasionados en líneas de flujo, como seguiteo o aperturas que realizan los terceros para robo de fluidos conducidos por las líneas de flujo. Este parámetro, será evaluado con un rango de ALTO, MEDIO y BAJO.

6.3. SELECCIÓN DE EXPERTOS.

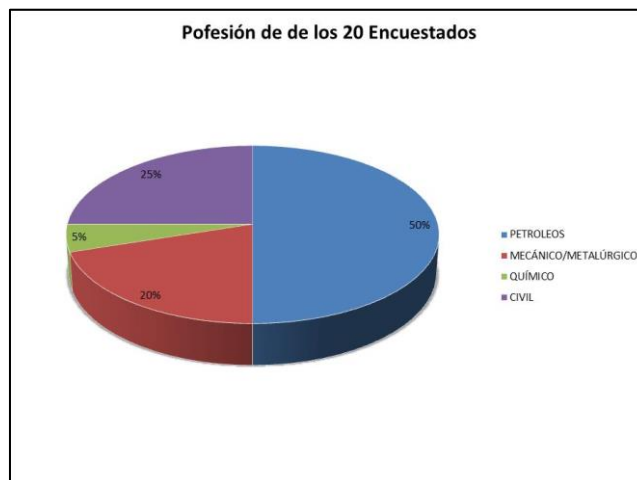
Los expertos fueron elegidos por conocimiento del tema y por qué tienen experiencia en los trabajos asociados a abandono de pozos en las vicepresidencias de Ecopetrol (Grafica 4). Expertos de diferentes disciplinas involucradas (Ing Petroleos, Ing Civil, Ing Mecánico, Sociales) en la decisión de la continuidad de los pozos (Grafica 5). En total, fueron 20 funcionarios que estuvieron dispuestos en la respuesta de las encuestas.

Las opiniones individuales son muy importantes y se definió que la encuesta inicial debería ser secreta, de tal forma que ninguna opinión fuese influenciada.

Grafica 4. Experiencia Encuestados



Grafica 5. Profesión Encuestados



6.4. ENCUESTA

El primer cuestionario realizado a los expertos se respondió personalmente y vía telefónica de tal forma que los participantes no conocieran las opiniones de los demás. Este constaba de cinco preguntas cerradas, donde el encuestado, tenía que valorar la importancia de cada factor y criterio así:

1. Frente a cada uno de los siguientes factores indique el grado de importancia de 1 a 5 donde:

- DEMASIADO IMPORTANTE 5.
- MUY IMPORTANTE 4.
- IMPORTANTE 3.
- NO TAN IMPORTANTE 2.
- NADA IMPORTANTE 1

2. Preguntas al encuestado:

a. **FACTORES A TENER EN CUENTA:** Determine el grado de importancia de los siguientes factores para considerar la continuidad operativa de un pozo productor de hidrocarburo.

- FACTORES FINANCIEROS
- FACTORES AMBIENTALES
- FACTORES SOCIALES
- FACTORES DE MANTENIMIENTO
- FACTORES EXTERNO AMBIENTAL

b. **FACTOR FINANCIERO:** Determine el grado de importancia de los siguientes criterios financieros al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos:




- Reservas a Recuperar
- Lifting Cost
- VPN de un trabajo

- c. **FACTOR EXTERNO AMBIENTAL:** Determine el grado de importancia de los siguientes criterios Externos ambientales, referidos a condiciones externos a la operación, al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos:
- Pozos en terrenos en movimiento
 - Pozos en terrenos erosionables
 - Pozos cercanos a laderas de ríos
- d. **FACTOR AMBIENTAL:** Determine el grado de importancia de los siguientes criterios ambientales al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos:
- Pozos afectados por inyección de agua
 - Presencia de emanaciones de gas
 - Tiempos de detección
- e. **FACTOR SOCIAL:** Determine el grado de importancia de los siguientes criterios sociales al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos:
- Pozos cercanos a zonas de vivienda
 - Pozos en zonas conocidas para desarrollo
- f. **FACTOR MANTENIMIENTO:** Determine el grado de importancia de los siguientes criterios de mantenimiento al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos:
- Integridad de las líneas de flujo
 - Integridad de los cabezales

- Actos de terceros

Las preguntas realizadas a los cuestionados eran inmediatamente subidas a una tabla de Excel para su posterior análisis (Cuadro 7).

Cuadro 7 Formato Encuesta

	  		MARIA CATERINE CONTRERAS	ANGELICA HERRERA	FABIN SANCHEZ	CRISTIAN RLANDO JACOME	ALVARO FUENTES RICO
	MDD MTTO	IMC MTTO	IMC MTTO	PRODUCCIÓN	DPTO ING		
	CIVIL	MECÁNICA	MECANICO	CIVIL	METALURGICO		
	10	8	5	6	9		
FACTORES FINANCIEROS	4	5	5	4	5		
FACTORES AMBIENTALES	2	2	3	3	2		
FACTORES SOCIALES	3	1	2	2	1		
FACTORES DE MANTENIMIENTO	2	3	4	3	3		
FACTOR EXTERNO AMBIENTAL	5	4	3	4	4		
FACTOR INTEGRIDAD MECÁNICA DE FONDO	5	5	5	5	5		
FACTOR FINANCIERO: Determine el grado de importancia de los siguientes criterios financieros al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos							
RESERVAS A RECUPERAR	4	3	3	4	5		
LIFTING COST	5	4	5	5	4		
VPN DE UN PROYECTO	3	5	4	3	3		
FACTOR EXTERNO AMBIENTAL: Determine el grado de importancia de los siguientes criterios Externos ambientales, referidos a condiciones externas a la operación, al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos							
POZOS EN TERRENOS EN MOVIMIENTO	5	4	5	4	5		
POZOS EN TERRENEOS EROSIONABLES	4	2	2	3	2		
POZOS CERCANOS A LADERAS DE RIO	2	5	4	4	4		
FACTOR AMBIENTAL: Determine el grado de importancia de los siguientes criterios ambientales al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos							
POZOS AFECTADOS POR INYECCIÓN DE AGUA	2	2	5	5	5		
PRESENCIA DE EMANACIONES	4	4	4	3	3		
TIEMPO DE DETENCIÓN	5	5	3	4	4		
FACTOR SOCIAL: Determine el grado de importancia de los siguientes criterios sociales al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos							
POZOS CERCANOS A ZONAS DE VIVIENDA	5	5	5	5	5		
POZOS EN ZONAS CONOCIDAS PARA DESARROLLO	2	2	2	3	3		
FACTOR MANTENIMIENTO: Determine el grado de importancia de los siguientes criterios de mantenimiento al considerar la continuidad de un pozo productor de hidrocarburos							
INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO	5	5	5	5	5		
INTEGRIDAD DE LOS CABEZALES	3	4	3	3	4		
ACTOS A TERCEROS	4	4	4	4	3		

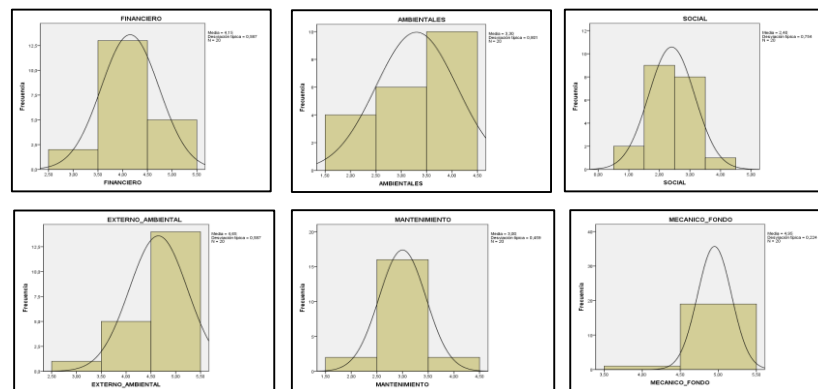
Durante la entrevista surgió otro factor, el cual se consideró y se retroalimentó a las personas que habían dado respuesta sin tener en cuenta el nuevo Factor de Daño Mecánico de pozo.

6.5. ANALISIS DE LA ENCUESTA PARA LOS FACTORES (1 RONDA)

Estos datos se procesaron estadísticamente por medio del Software HATCO y se identificaron las medias y desviaciones en cada Criterio y Factor (Cuadro 8).

Cuadro 8. Descriptores Estadísticos de los Factores

		ESTADISTICOS FACTORES					
		FINANCIERO	AMBIENTALES	SOCIAL	MANTENIMIENTO	EXTERNO_AMBIENTAL	MECANICO_FONDO
N	Válidos	20	20	20	20	20	20
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		4.1500	3.3000	2.4000	3.0000	4.6500	4.9500
Mediana		4.0000	3.5000	2.0000	3.0000	5.0000	5.0000
Moda		4.00	4.00	2.00	3.00	5.00	5.00
Desv. típ.		.58714	.80131	.75394	.45883	.58714	.22361
Mínimo		3.00	2.00	1.00	2.00	3.00	4.00
Máximo		5.00	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00

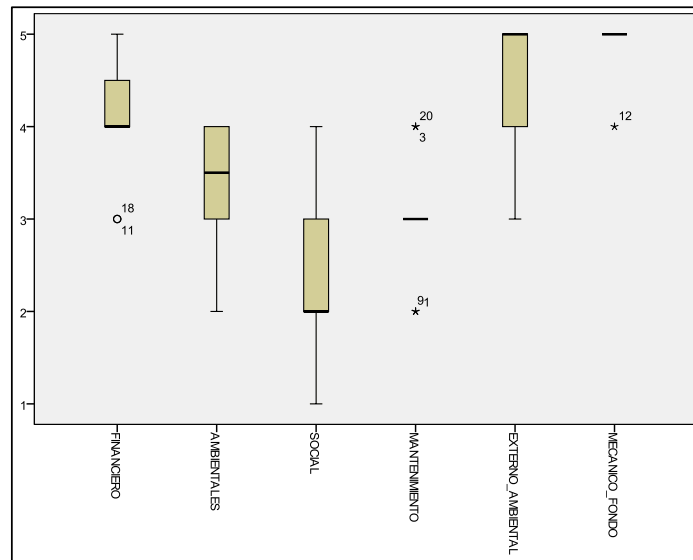


En la tabla de descriptores estadísticos, se observa un consenso dentro del grupo de encuestados en cuanto a considerar los Factores Externo Ambientales, de Mecánica de Fondo y Financieros como los más relevantes para considerar la continuidad operativa de pozos. Por su parte los factores sociales, ambientales y de mantenimiento aun cuando son importantes, no son tan relevantes para considerar la continuidad de un pozo productor o inactivo.

En esta primera ronda, se puede definir que en orden de importancia los factores estarían renqueados de la siguiente forma:

- Factor Mecánico de fondo es más importante que el factor externo ambiental.
- Factor externo ambiental es más importantes que el factor financiero.
- El factor financiero es más importante que el factor ambiental.
- El factor ambiental es más importante que el factor de mantenimiento.
- El factor de mantenimiento es más importante que el factor social.

Figura 4. Análisis de Caja de los Factores



Realizando un análisis de caja (Figura 4), se observa según sus medianas, que en primer grado de importancia están los factores Mecánico de Fondo, Externo ambiental y Financiero, los de siguiente relevancia son los factores Ambientales y de mantenimiento, teniendo este un mayor consenso hacia una calificación de IMPORTANTE, el factor ambiental tiene una mayor dispersión en opiniones al calificarlo como NO TAN IMPORTANTE y MUY IMPORTANTE. Por último, el factor social presenta menos relevancia.

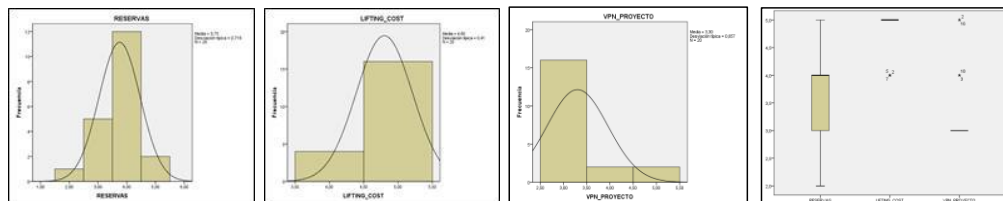
6.6. ANALISIS DE LA ENCUESTA PARA LOS CRITERIOS (1 RONDA)

En esta parte, se analizaron los criterios que tienen cada factor independientemente con el objetivo de determinar la importancia de cada criterio en su valor respectivo, generando las siguientes observaciones:

- FACTOR FINANCIERO:** La encuesta y según las medias reportadas, indica que el criterio de mayor importancia para este factor es el Lifting Cost, posteriormente el de Reservas y por último con un consenso a la calificación de IMPORTANTE el factor VPN de un trabajo. Se observa una dispersión de datos entre los percentiles 25 y 50 del criterio Reservas hacia calificación de IMPORTE y MUY IMPORTANTE (Cuadro 9), en los otros dos criterios puede haber un consenso en la calificación.

Cuadro 9. Descriptores Estadísticos Criterios del Factor Financiero

		ESTADÍSTICOS FINANCIEROS		
		RESERVAS	LIFTING_COST	VPN_PROYECTO
N	Válidos	20	20	20
	Perdidos	0	0	0
Media		3.7500	4.8000	3.3000
Mediana		4.0000	5.0000	3.0000
Moda		4.00	5.00	3.00
Desv. típ.		.71635	.41039	.65695
Mínimo		2.00	4.00	3.00
Máximo		5.00	5.00	5.00

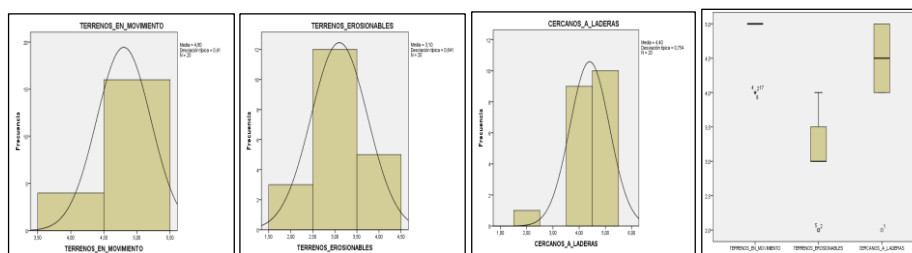


- FACTOR EXTERNO AMBIENTAL:** En el factor externo ambiental se observa una opinión mayoritaria en considerar que el criterio Terrenos en Movimiento y Cercanos a laderas, son los más relevantes. Teniendo un consenso general en considerar como DEMASIADO IMPORTANTE el criterio Terrenos en

Movimiento, una dispersión en los percentiles 25 – 75 hacia opiniones que consideran el factor Cercanos a Laderas como MUY IMPORTANTE a DEMASIADO IMPORTANTE y un consenso relativo en considerar los terrenos erosionables como un criterio importante (Cuadro 10).

Cuadro 10. Descriptores Estadísticos Criterios del Factor Externo Ambiental

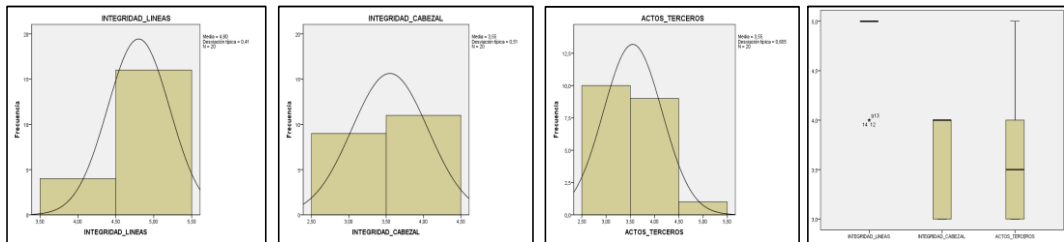
ESTADISTICO EXTERNO AMBIENTAL				
		TERRENOS_EN_MOVIMIENTO	TERRENOS_EROSIONABLES	CERCANOS_A_LADERAS
N	Válidos	20	20	20
	Perdidos	0	0	0
Media		4.8000	3.1000	4.4000
Mediana		5.0000	3.0000	4.5000
Moda		5.00	3.00	5.00
Desv. típ.		.41039	.64072	.75394
Mínimo		4.00	2.00	2.00
Máximo		5.00	4.00	5.00



- FACTOR MANTENIMIENTO:** En el factor Mantenimiento y analizando las medias de la consulta, se observa que el criterio Integridad de Líneas, representa una mayor importancia con respecto a los otros dos criterios los cuales tendrían la misma relevancia según la consulta. Se observa una dispersión en las opiniones en considerar el criterio Actos de Terceros entre los percentiles 25 a 75 como un criterio IMPORTANTE a MUY IMPORTANTE y el criterio Integridad del Cabezal una menor dispersión al considerar este criterio entre sus percentiles 25 a 50 como un criterio IMPORTANTE a MUY IMPORTANTE (Cuadro 11).

Cuadro 11. Descriptores Estadísticos Criterios del Factor Mantenimiento

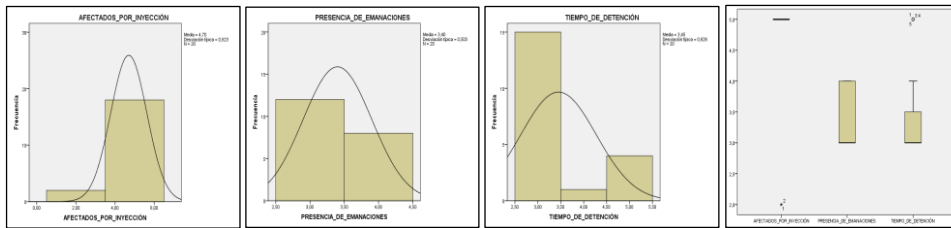
ESTADÍSTICOS MANTENIMIENTO				
		INTEGRIDAD _LINEAS	INTEGRIDAD_ CABEZAL	ACTOS_TERCEROS
N	Válidos	20	20	20
	Perdidos	0	0	0
Media		4.8000	3.5500	3.5500
Mediana		5.0000	4.0000	3.5000
Moda		5.00	4.00	3.00
Desv. típ.		.41039	.51042	.60481
Mínimo		4.00	3.00	3.00
Máximo		5.00	4.00	5.00



- FACTOR AMBIENTAL:** Según la encuesta realizada y prácticamente por consenso, el criterio Afectados por Inyección, es el más relevante en este factor, considerándolo por el 90% de la población encuestada como un criterio DEMASIADO IMPORTANTE, solo dos opiniones se salieron de este rango. Observando los otros dos criterios, estos son muy similares en sus valores de media y mediana, lo que los pueden considerar como igual de importantes, pero al analizar la dispersión de los datos, se observa que el Criterio Presencia de Emanaciones presenta una dispersión entre considerarlo como un criterio IMPORTANTE a MUY IMPORTANTE y por su parte, el criterio Tiempo de Detención presenta una menor dispersión en sus percentiles 50 a 75 en considerarlo con una tendencia hacia una valoración de IMPORTANTE (Cuadro 12).

Cuadro 12. Descriptores Estadísticos Criterios del Ambiental

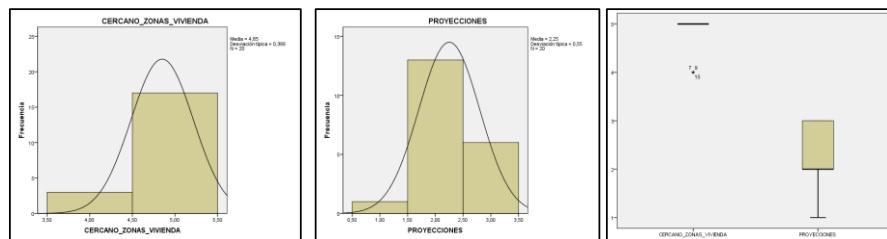
ETADISTICOS AMBIENTAL				
		AFECTADOS_POR _INYECCIÓN	PRESENCIA_DE_ EMANACIONES	TIEMPO_DE_DETENCIÓ N
N	Válidos	20	20	20
	Perdidos	0	0	0
Media		4.7000	3.4000	3.4500
Mediana		5.0000	3.0000	3.0000
Moda		5.00	3.00	3.00
Desv. típ.		.92338	.50262	.82558
Mínimo		2.00	3.00	3.00
Máximo		5.00	4.00	5.00



- FACTOR SOCIAL:** Para el factor de menos importancia en la encuesta, se observa un consenso global en considerar el criterio Cercano a Viviendas como el más relevante en el factor social. Mientras que el factor de Desarrollo tiene una tendencia a ser considerado NO IMPORTANTE según la encuesta (Cuadro 13).

Cuadro 13. Descriptores Estadísticos de los Criterios Social

ESTADISTICOS SOCIAL			
		CERCANO_ZONA S_VIVIENDA	PROYECCIONES
N	Válidos	20	20
	Perdidos	0	0
Media		4.8500	2.2500
Mediana		5.0000	2.0000
Moda		5.00	2.00
Desv. típ.		.36635	.55012
Mínimo		4.00	1.00
Máximo		5.00	3.00



- Definición de importancia de los Factores para la definición de la continuidad operativa de los pozos:
 - Factor Mecánico de fondo es más importante que el factor externo ambiental.
 - Factor externo ambiental es más importantes que el factor financiero.
 - El factor financiero es más importante que el factor ambiental.
 - El factor ambiental es más importante que el factor de mantenimiento.
 - El factor de mantenimiento es más importante que el factor social.

- Definición de importancia de los criterios que influyen en el factor financiero:
 - Criterio Lifting Cost es más importante que el criterio externo Reservas.
 - Criterio Reservas es más importantes que el criterio VPN de un trabajo.

- Definición de importancia de los criterios que influyen en el factor Externo Ambiental:
 - Criterio Terreno en Movimiento es más importante que el criterio Cercano a Laderas.
 - Criterio Cercano a Laderas es más importantes que el criterio Terrenos Erosionables.

- Definición de importancia de los criterios que influyen en el factor Mantenimiento:
 - Criterio Integridad de Líneas es más importante que el criterio Actos de Terceros.
 - Criterio Cercano a Actos de Terceros es más importantes que el criterio Integridad de cabezal.

- Definición de importancia de los criterios que influyen en el factor Ambiental:
 - Criterio Afectado por Inyección es más importante que el criterio Emanaciones.
 - Criterio Emanaciones es más importantes que el criterio Tiempo de Detención.

- Definición de importancia de los criterios que influyen en el factor Social:
 - Criterio Cercano a Zonas de Vivienda es más importante que el criterio Zonas en Desarrollo.

6.8. VALORACIÓN DE LOS FACTORES Y CRITERIOS

Gran parte de los problemas que enfrentamos las personas y las organizaciones en la práctica deben ser evaluados con respecto a varios objetivos de manera simultánea, de tal forma, que se deban considerar diferentes objetivos o criterios para evaluar las posibles alternativas y llegar a una sola solución.

En los casos en los que los tomadores de decisión se ven enfrentados a un problema de decisión en la que se deba tener en cuenta simultáneamente varios objetivos o criterios, estamos en relación con decisiones con múltiple objetivo, donde algunos puedan ser considerados cuantitativamente y otros cualitativamente.

Para el caso del presente trabajo, se definió realizar la ponderación y calificación de los factores y criterios como un problema con múltiple objetivo, utilizando el

Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)⁹, debido a que la formulación del problema se realiza a través de una estructura jerárquica en donde se permitirá seleccionar la mejor alternativa dentro de un conjunto de alternativas posibles.

El propósito de realizarlo con esta metodología, es para establecer la importancia de los elementos de un nivel dado, el PAJ permite obtener un ordenamiento en relación con la meta final, ponderando los pesos de las alternativas en la medida que recorre la estructura.

Esta fue la metodología en términos generales que se utilizó para jerarquizar y ponderar cada factor y criterios identificado anteriormente:

- Estructuración del problema. Se identificó con precisión la meta a la cual se quiere llegar, con los factores y criterios que se deben tener en cuenta para evaluar dos alternativas posibles: Continuidad o no productivas de los pozos.
- Construcción de Matrices. Utilizando la escala recomendada por Saaty 1994, se construyeron las matrices de comparación por pares para los elementos de cada nivel es decir por factores y criterios.
- Estimación de Pesos Relativos. Se estimaron los pesos para los elementos de cada factor con respecto a los criterios establecidos, y se estimaron los pesos relativos de cada criterio para definir la decisión de continuidad operativa del pozo.
- En conjunto con el grupo de trabajo, se establecieron rangos, en los cuales se genera una recomendación de la decisión a tomar.

⁹ CASTILLO, Mario, Toma de Decisiones En Las Empresas. Cap 9

Para el caso del presente trabajo, se realizaron las matrices de comparación por pares, teniendo en cuenta la Escala de Importancia Relativa del DR. Thomas L. Satty (Cuadro 14). Teniendo en cuenta, igualmente, la información de importancia de cada factor y criterio realizado por medio de la metodología Delphi.

Cuadro 14. Escala Thomas Saaty (1994)

Escala - valor	Interpretación
9	A es extremadamente más importante que B
7	A es marcadamente más importante que B
5	A es más importante que B
3	A es ligeramente más importante que B
1	A es igual de importante a B
1/3	B es ligeramente más importante que A
1/5	B es más importante que A
1/7	B es marcadamente más importante que A
1/9	B es extremadamente más importante que A

Fuente. Capítulo 9 – Toma de Decisiones en la Empresas

De esta forma se realizaron las matrices de comparación por factores inicialmente y por cada uno de sus criterios (Cuadro 15), generando las siguientes matrices:

Cuadro 15 Matrices de Comparación

FACTORES	FACTORES FINANCIEROS	FACTORES AMBIENTALES	FACTORES SOCIALES	FACTORES DE MANTENIMIENTO	FACTOR EXTERNO AMBIENTAL	FACTOR INTEGRIDAD MECÁNICA DE FONDO
FACTORES FINANCIEROS	1.00	5.00	9.00	7.00	0.33	0.20
FACTORES AMBIENTALES	0.20	1.00	5.00	3.00	0.20	0.14
FACTORES SOCIALES	0.11	0.20	1.00	0.33	0.11	0.11
FACTORES DE MANTENIMIENTO	0.11	0.33	3.00	1.00	0.14	0.14
FACTOR EXTERNO AMBIENTAL	3.00	5.00	9.00	7.00	1.00	1.00
FACTOR INTEGRIDAD MECÁNICA DE FONDO	5.00	7.00	9.00	7.00	1.00	1.00
SUMA	9.42	18.53	36.00	25.33	2.79	2.60

FACTORES FINANCIEROS	RESERVAS A RECUPERAR	LIFTING COST	VPN DE UN PROYECTO
RESERVAS A RECUPERAR	1.00	0.33	5.00
LIFTING COST	3.00	1.00	7.00
VPN DE UN PROYECTO	0.20	0.14	1.00
SUMA	4.20	1.48	13.00

FACTOR EXTERNO AMBIENTAL	POZOS EN TERRENOS EN MOVIMIENTO	POZOS EN TERRENOS EROSIONABLES	POZOS CERCANOS A LADERAS DE RIO
POZOS EN TERRENOS EN MOVIMIENTO	1.00	7.00	1.00
POZOS EN TERRENOS EROSIONABLES	0.14	1.00	0.14
POZOS CERCANOS A LADERAS DE RIO	1.00	7.00	1.00
SUMA	2.14	15.00	2.14

FACTOR AMBIENTAL	POZOS AFECTADOS POR INYECCIÓN DE AGUA	PRESENCIA DE EMANACIONES	TIEMPO DE DETENCIÓN
POZOS AFECTADOS POR INYECCIÓN DE AGUA	1.00	3.00	5.00
PRESENCIA DE EMANACIONES	0.33	1.00	3.00
TIEMPO DE DETENCIÓN	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00

FACTOR SOCIAL	POZOS CERCANOS A ZONAS DE VIVIENDA	POZOS EN ZONAS CONOCIDAS PARA DESARROLLO
POZOS CERCANOS A ZONAS DE VIVIENDA	1	7
POZOS EN ZONAS CONOCIDAS PARA DESARROLLO	0.14	1
SUMA	1.14	8.00

FACTOR MANTENIMIENTO	INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO	INTEGRIDAD DE LOS CABEZALES	ACTOS A TERCEROS
INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO	1.00	5.00	3.00
INTEGRIDAD DE LOS CABEZALES	0.20	1.00	3.00
ACTOS A TERCEROS	0.33	0.33	1.00
SUMA	1.53	6.33	7

Posteriormente, se realizó la ponderación de los criterios sobre los factores y de los factores sobre la decisión final, por medio de la división de la valoración de cada factor o criterio, sobre su sumatoria, posteriormente, se sumó cada fila y se dividió por el número de factores o criterios estableciendo de esta forma la ponderación relativa de cada factor y de sus criterios. Las cuales generaron el siguiente resultado por factor y criterio (Cuadro 15):

Cuadro 16. Ponderación de Factores y Criterios

FACTORES	FACTORES FINANCIEROS	FACTORES AMBIENTALES	FACTORES SOCIALES	FACTORES DE MANTENIMIENTO	FACTOR EXTERNO AMBIENTAL	FACTOR INTEGRIDAD MECÁNICA DE FONDO	PESOS RELATIVOS
FACTORES FINANCIEROS	0.11	0.27	0.25	0.28	0.12	0.08	18%
FACTORES AMBIENTALES	0.02	0.05	0.14	0.12	0.07	0.06	8%
FACTORES SOCIALES	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.04	2%
FACTORES DE MANTENIMIENTO	0.01	0.02	0.08	0.04	0.05	0.06	4%
FACTOR EXTERNO AMBIENTAL	0.32	0.27	0.25	0.28	0.36	0.39	31%
FACTOR INTEGRIDAD MECÁNICA DE FONDO	0.53	0.38	0.25	0.28	0.36	0.39	36%
							100%

FACTORES FINANCIEROS	RESERVAS A RECUPERAR	LIFTING COST	VPN DE UN PROYECTO	PESOS RELATIVOS
RESERVAS A RECUPERAR	0.24	0.23	0.38	28%
LIFTING COST	0.71	0.68	0.54	64%
VPN DE UN PROYECTO	0.05	0.10	0.08	7%
				100%

FACTOR EXTERNO AMBIENTAL	POZOS EN TERRENOS EN MOVIMIENTO	POZOS EN TERRENOS EROSIONABLES	POZOS CERCANOS A LADERAS DE RIO	PESOS RELATIVOS
POZOS EN TERRENOS EN MOVIMIENTO	0.47	0.47	0.47	47%
POZOS EN TERRENOS EROSIONABLES	0.07	0.07	0.07	7%
POZOS CERCANOS A LADERAS DE RIO	0.47	0.47	0.47	47%
				100%

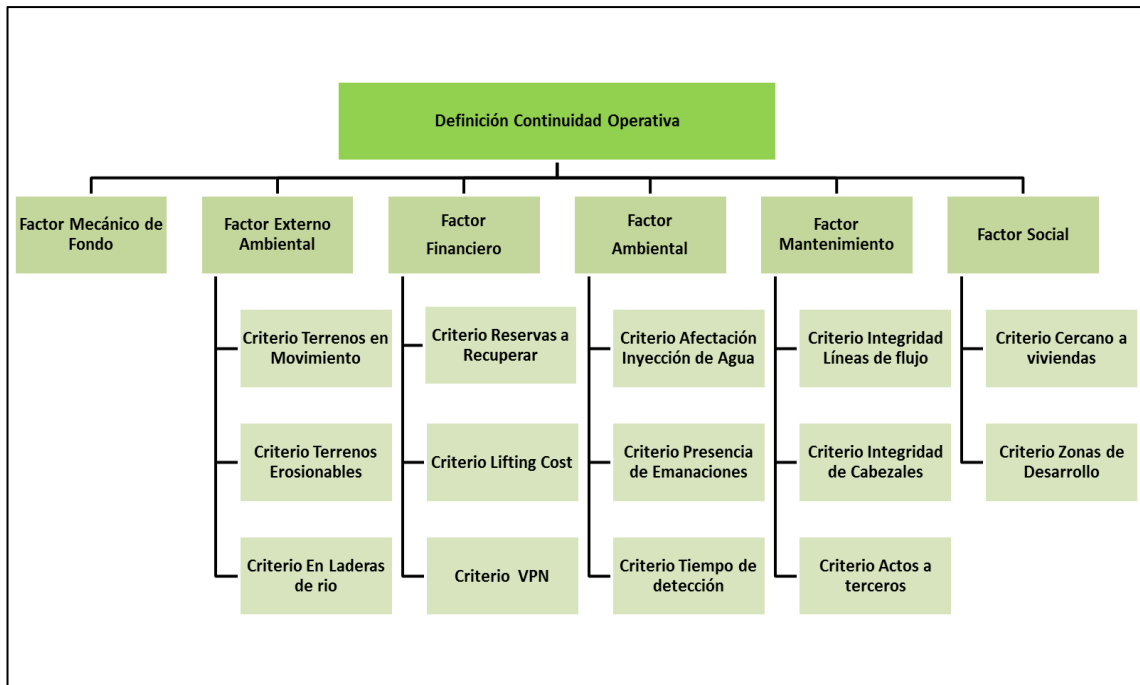
FACTOR AMBIENTAL	POZOS AFECTADOS POR INYECCIÓN DE AGUA	PRESENCIA DE EMANACIONES	TIEMPO DE DETENCIÓN	PESOS RELATIVOS
POZOS AFECTADOS POR INYECCIÓN DE AGUA	0.65	0.69	0.56	63%
PRESENCIA DE EMANACIONES	0.22	0.23	0.33	26%
TIEMPO DE DETENCIÓN	0.13	0.08	0.11	11%
				100%

FACTOR SOCIAL	POZOS CERCANOS A ZONAS DE VIVIENDA	POZOS EN ZONAS CONOCIDAS PARA DESARROLLO	PESOS RELATIVOS
POZOS CERCANOS A ZONAS DE VIVIENDA	0.875	0.875	88%
POZOS EN ZONAS CONOCIDAS PARA DESARROLLO	0.125	0.125	13%
			100%

FACTOR MANTENIMIENTO	INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO	INTEGRIDAD DE LOS CABEZALES	ACTOS A TERCEROS	PESOS RELATIVOS
INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO	0.65	0.79	0.43	62%
INTEGRIDAD DE LOS CABEZALES	0.13	0.16	0.43	24%
ACTOS A TERCEROS	0.22	0.05	0.14	14%
				100%

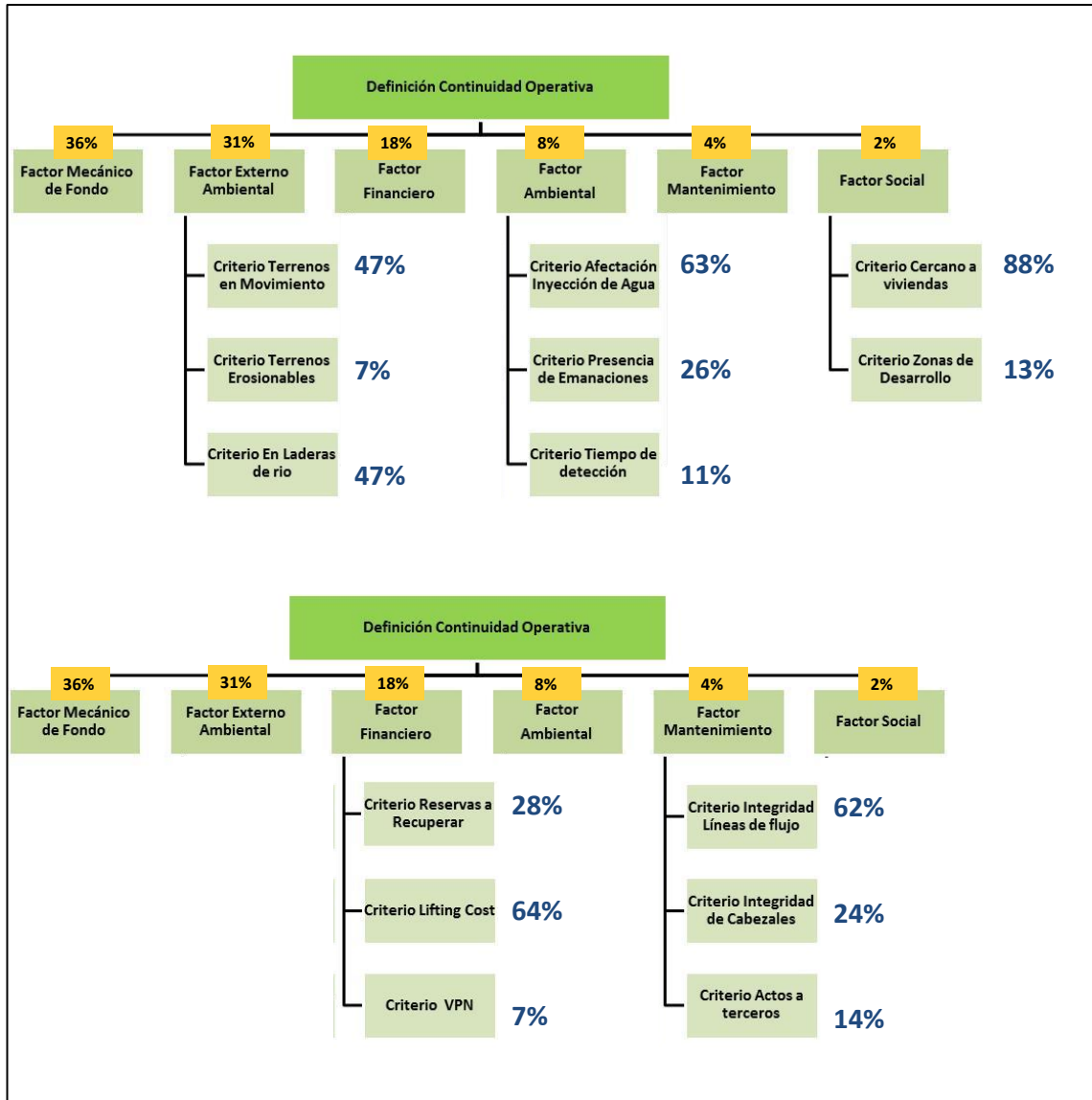
Con los resultados arrojados en los ejercicios de la construcción de las matrices y la comparación por pares, se generó la siguiente jerarquización, donde se muestran los Factores y Criterios que influirán sobre la decisión de continuidad operativa de los pozos (Figura 6):

Figura 6. Jerarquización Factores y Criterios



De igual forma se muestran la ponderación y pesos relativos de cada factor y criterio sobre la decisión final (Figura 7):

Figura 7. Pesos de Factores y Criterios



Mostrando que el Pareto en la decisión final (86%) se ven reflejados en los Factores Integridad Mecánico de Fondo (36%), Factores Externo Ambiental (31%) y el Factor Financiero (18%). Esto dado a que estos factores son los que en cierta forma, en ocasiones no se pueden “modificar” o sus intervenciones son bastante costosas. Por su parte, Los Factores de Mantenimiento, Ambiental y Social representan el 14% de la valoración al momento de tomar una decisión de

continuidad operativa, dado a que en estos factores, se puede influenciar por medio de la operación y son relativamente menos costosas.

Como se mencionó anteriormente, los Factores Mecánico de Fondo y Externo ambiental, en ocasiones pueden ser ajenos a la operación misma de los pozos y sus actividades para mitigación pueden estar fuera del alcance de la operación.

6.9. CALIFICACIÓN Y RECOMENDACIÓN DE LA CONTINUIDAD OPERATIVA DEL POZO.

Una vez identificada la ponderación y valoración de cada Criterio y Factor sobre la decisión de continuidad operativa de pozos, se define un ranking en donde según el resultado arrojado por cada pozo, se generará una recomendación de la acción a seguir sobre este (Cuadro 17).

Cuadro 17. Valoración Final

VALORACIÓN FINAL %	RECOMENDACIÓN
100 A 37	POZO PARA ABANDONO DEFINITIVO
37 A 15	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO
15 A 5	POZO PARA EVALUAR FINANCIERAMENTE SU CONTINUIDAD
5 A 0	POZO PARA CONTINUIDAD OPERATIVA

Este ranking se generó después de varias pruebas de uso, donde se simularon pozos con diferentes condiciones, y se definieron sus alternativas con el grupo de expertos que conformó el equipo (Cuadro 18) (Anexo A).

- **Información Parámetros de Producción.** Referente a:
 - **Producción anterior del pozo (PA):** Corresponde al caudal de producción de petróleo por día que el pozo tiene antes de su intervención. Esto con el fin de tener en cuenta la producción diferida (perdida) por la intervención del pozo.
 - **Potencial esperado por la intervención (PE):** Corresponde al caudal de producción de petróleo total por día, que se espera lograr posterior a la intervención del pozo.
 - **Declinación histórica del campo (d):** Es la tasa de declinación (Disminución de producción debido al agotamiento del yacimiento) histórica del campo.

- **Información Parámetros de Evaluación.** Referente a:
 - **Costo de levantamiento (CL).** Corresponde al costo de levantamiento en USD/BI para el campo objeto de evaluación.
 - **Precio Crudo (PC).** Corresponde al precio con el cual se evaluarán los ingresos. Precio de venta de crudo.
 - **Tasa de Descuento (ia).** Tasa de descuento Anual.
 - **Calidad y Transporte (Ca).** Corresponde al descuento por calidad y transporte aplicado al precio WTI en USD/BI
 - **Regalías (R).** Corresponde al % de regalías que aplica a la producción básica del campo.

- **Impuesto de Renta (iR).** Corresponde al Impuesto en % que grava los ingresos netos operacionales definido por la normatividad vigente colombiana. Que para este caso es de 36%.

- **Resultados de la Evaluación:**

El formato de evaluación VPR-VPR-F-011, realiza el cálculo de los indicadores financieros VPN y TIR de la siguiente forma:

- **Ingreso Neto (IN):** ingreso Neto en Barriles mensuales, teniendo en cuenta la declinación del mes, su descuento por regalías y el precio de venta de crudo.

Producción Neta Mensual (PN): Producción mensual descontando regalías:

$$[PE(BLS) - [PE(BLS) \times R (\%)]] \times \text{Días del Mes}$$

Ingreso Neto (IN):

$$PN (BLS) \times (PC (USD) - Ca (USD))$$

- **Costo de la Operación (CO):** Costo asumido por la operación para la extracción de la producción:

$$PE(BLS) \times \text{Días del Mes} \times CL (USD)$$

- **Flujo de Caja Antes de Impuestos mensual (FCA):** Flujo de caja de los ingresos y egresos (Inversión, Costo de levantamiento y Diferida del pozo)

$$IN (USD) - CO (USD) - [Pto (USD) + (PA(BLS/D) \times t (\text{días})]$$

- **Flujo de Caja Después de Impuestos mensual (FCD):** Flujo de caja después de descontar impuestos:

$$\text{FCA (USD)} - (\text{FCA (USD)} \times iR (\%))$$

- **Flujo de Caja Acumulado (FCcum):** Se suma mes a mes el flujo de caja después de impuestos

$$\text{FCcum (mes x)} = \text{FCcum (mes x-1)} + \text{FCcum (mes x)}$$

- **VP:** Trae el valor del mes a presente con una tasa de interés mensual.
Tasa de interés mensual (im): Para cálculos de VPN se utiliza interés mensual.

$$[1 + (ea)]^{(1/12)} - 1$$

VP:

$$\text{FCF (USD)} / (1 + im)^{(\text{mes x})}$$

- **VPN:** El cálculo del indicador VPN, se realiza sumando mes a mes el Valor Presente calculado.

$$\text{VPN (mes x)} = \text{VP (mes x-1)} + \text{VP (mes x)}$$

- **TIR:** VPN / INVERSIÓN

7. METODOLOGÍA APLICADA AL CAMPO PEROLES.

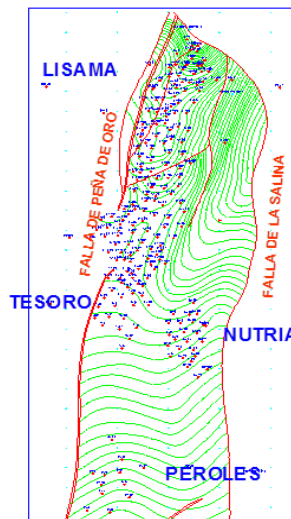
La metodología descrita en los capítulos anteriores fue aplicada al campo Peroles perteneciente a la Gerencia de Operaciones y Desarrollo de Mares de La Vicepresidencia Central de Ecopetrol.

Donde cada funcionario experto de las áreas evaluó previamente cada uno de los factores en los cuales tenia injerencia.

7.1. GENERALIDADES CAMPO PEROLES.

Campo Peroles es la continuación del sur del sistema tectónico de Lisama - Tesoro, contra la falla de La Salina, perteneciente a la cuenca del Valle Medio del Magdalena (Figura 8).

Figura 8. Área de Producción Activo Lisama

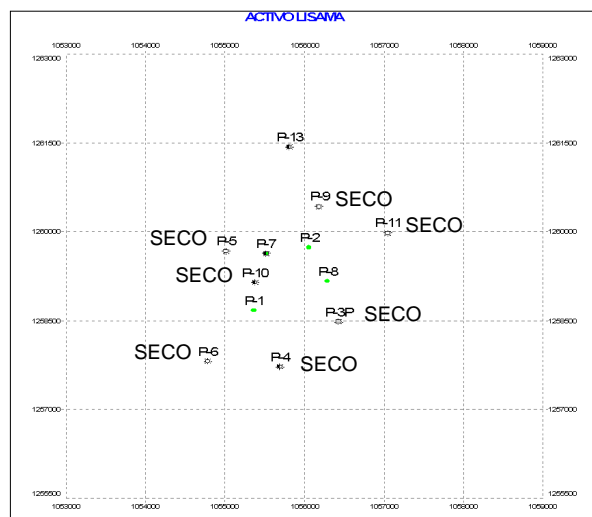


Fuente. Ecopetrol

El Campo Peroles inició la perforación en 1977 con la perforación del pozo Peroles 1 con objetivo principal la formación mugrosa - colorado, cuya producción inicial fue de 180BOPD con un corte de agua del 0.3% y API de 40.

Este primer desarrollo, termino con la perforación del pozo Peroles 13 en el año de 1983. En este desarrollo, se perforaron 6 pozos secos los cuales de cierta forma dieron inviabilidad para la continuidad del desarrollo del campo (Figura 9).

Figura 9. Pozos Peroles



Fuente. OFM 2013 Ecopetrol

La características petrofísicas de los pozos, presentan permeabilidades muy bajas del rango entre 5 a 30md, lo cual infiere, que la producción inicial de los pozos fue dada a las altas presiones iniciales de Yacimiento 2500 – 3000psi en profundidades completadas que varían entre 7000ft y 4000ft, actualmente, los pozos tienen presiones de yacimiento muy bajas del orden de entre 300 a 800psi, un gradiente de presión muy bajo (0,08psi/ft), el cual no permite recuperar altos volúmenes de producción de crudo y gas por algún tipo de estimulación que se le haga a la formación productora.

A principios del año 2014, el campo Peroles tenía una producción promedio de 25Bls de aceite al día con los pozos peroles 01, 07 y 08 activos, en el último año, se inactivaron por problemas de precipitación de parafinas y daños en el sistema de levantamiento, los Pozos Peroles 2 y peroles 10, los cuales tienen un potencial conjunto de 18Bls/día. Debido a la baja eficiencia financiera de los trabajos, donde hay que hacer inversiones de adecuación de localización, compra de varilla – tubería, servicio de aceite caliente y sumado al alto costo en la tarifa del equipo de WO - varilleo se decidió no intervenir estos pozos.

Grafica 6. Producción Campo Peroles



Fuente. OFM 2014 Ecopetrol

7.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.

Por parte del Departamento de Yacimientos e ingeniería de Mares, se solicitó al grupo de expertos (Un ingeniero Mecánico experto en líneas de flujo del área, Un ingeniero Civil experto en geotecnia pertenecientes al departamento de Mantenimiento, Un funcionario de la operación y un funcionario Social) la revisión y diligenciamiento del formato, según el instructivo (Anexo B).

Presentándoles las siguientes generalidades de la actividad:

- El objetivo, es determinar la continuidad operativa de los cinco pozos del Campo Peroles que no se encuentran abandonados físicamente, siguiendo el instructivo y hoja de cálculo anexa.
- Previamente, entre los ingenieros de Yacimientos e ingeniería, se identificaron, las posibles propuestas de incrementar la producción de los pozos con determinados trabajos de Work Over que se presentan a continuación (Cuadro 19):

Cuadro 19. Indicadores Financieros Iniciales Evaluación Peroles

POZO	TRABAJO	COSTO	BLS INICIALES A RECUPERAR	VPN 2 AÑOS	BLS A RECUPERAR	EFI
PEROLES 02	RE-CAÑONEO	USD 134,839.63	56	USD 28,047.00	30,148	0.21
PEROLES 07	RE-CAÑONEO	USD 137,974.63	34	USD (39,079.00)	18,304	-0.28
PEROLES 08	RE-CAÑONEO	USD 128,904.63	9	USD (102,726.00)	4,835	-0.8
PEROLES 10	RE-CAÑONEO	USD 117,777.63	43	USD 7,296.00	28,937	0.06
PEROLES 13	CAÑONEO	USD 138,612.63	55	USD 21,365.00	29,610	0.15
TOTAL CAMPAÑA		USD 658,109.16	197	USD (85,097.00)	111,834	

- Conociendo esto, se recibieron los formatos, con la valoración de cada uno de los factores que se identificaron durante este trabajo:

Factor “MECÁNICA DE FONDO”. Para este factor, no se identificaron daños en el estado mecánico de los pozos que pudiesen en cierta forma comprometer la productividad de los pozos analizados. Todos los pozos cuentan con condiciones óptimas para realizar intervenciones con equipos de servicio o Work Over (Cuadro 20).

Cuadro 20. Factor Mecánico de Fondo Peroles

POZO	1. FACTOR MECÁNICO DE FONDO				VALOR
	Información suministrada por el funcionario de ingeniería				
	MECANICA DE FONDO				
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	
PEROLES 2	BAJO	USD 0.00	0.0	No presenta daños severos en el revestimiento	0
PEROLES 7	BAJO	USD 0.00	0.0	No presenta daños severos en el revestimiento	0
PEROLES 8	BAJO	USD 0.00	0.0	No presenta daños severos en el revestimiento	0
PEROLES 10	BAJO	USD 0.00	0.0	No presenta daños severos en el revestimiento	0
PEROLES 13	BAJO	USD 0.00	0.0	No presenta daños severos en el revestimiento	0

Factor “Externo Ambiental”.

Criterio “TERRENOS EN MOVIMIENTO”. En este factor, se identificó que en la vía central que conduce al Campo Peroles en el sector conocido como “Los Camachos”, presenta pérdida de la banca la cual posiblemente fue generada por la saturación de la base del talud y disminución de la capacidad de soporte del terreno, las condiciones actuales de la vía afectan la movilidad y las operaciones

normales de la operación en el campo. Las obras a ejecutar consisten en la construcción de trincho metálico para la recuperación del banco y obras de drenaje que permitan el mejoramiento del manejo de las aguas de escorrentía en el sector. Para mitigar esta situación, es necesario realizar una inversión de \$ 160.634.950 que se comparten en los cinco pozos evaluados (Cuadro 21).

Criterio “TERRENOS EROSIONABLES”. En este factor se identificó problemas erosivos en la vía de acceso del pozo Peroles 13, esto debido a que hay una importante pérdida de banca (disminución del 60% del ancho útil de vía), lo cual impide el acceso de los equipos de workover a realizar los respectivos trabajos de abandono. Las obras a ejecutar consisten en la construcción de trincho metálico para la recuperación del banco y obras de drenaje que permitan el mejoramiento del manejo de las aguas de escorrentía. . Para mitigar y solucionar esta situación, se requiere de una inversión total de \$ 58.578.300. En los otros pozos, no se identificaron condiciones que afecten el ingreso de un equipo (Cuadro 21).

Criterio “POZOS EN LADERAS DE RIOS”. Este factor no fue representativo, ya que el campo no se encuentra en terrenos montañosos sin influencia de ríos o cuerpos de agua (Cuadro 21).

Cuadro 21. Factor Externo Ambiental Peroles

POZO	2. FACTOR EXTERNO AMBIENTAL			
	Información suministrada por el Ingeniero Civil del área			
	TERRENOS EN MOVIMIENTO			
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO
PEROLES 2	MEDIO	USD 16,908.94	0.235	Requiere adecuaciones y obras de geotecnia esto debido a que hay una importante pérdida de banca (disminución del 60% del ancho útil de vía), lo cual impide el acceso de los equipos de workover. Esta actividad involucra a los cinco pozos en estudio y su costo es de \$ 160.634.950
PEROLES 7	MEDIO	USD 16,908.94	0.235	Requiere adecuaciones y obras de geotecnia esto debido a que hay una importante pérdida de banca (disminución del 60% del ancho útil de vía), lo cual impide el acceso de los equipos de workover. Esta actividad involucra a los cinco pozos en estudio y su costo es de \$ 160.634.950
PEROLES 8	MEDIO	USD 16,908.94	0.235	Requiere adecuaciones y obras de geotecnia esto debido a que hay una importante pérdida de banca (disminución del 60% del ancho útil de vía), lo cual impide el acceso de los equipos de workover. Esta actividad involucra a los cinco pozos en estudio y su costo es de \$ 160.634.950
PEROLES 10	MEDIO	USD 16,908.94	0.235	Requiere adecuaciones y obras de geotecnia esto debido a que hay una importante pérdida de banca (disminución del 60% del ancho útil de vía), lo cual impide el acceso de los equipos de workover. Esta actividad involucra a los cinco pozos en estudio y su costo es de \$ 160.634.950
PEROLES 13	MEDIO	USD 16,908.94	0.235	Requiere adecuaciones y obras de geotecnia esto debido a que hay una importante pérdida de banca (disminución del 60% del ancho útil de vía), lo cual impide el acceso de los equipos de workover. Esta actividad involucra a los cinco pozos en estudio y su costo es de \$ 160.634.950

POZO				
	TERRENOS EROSIONABLES			
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO
PEROLES 2	BAJO	USD 0.00	0	N/A
PEROLES 7	BAJO	USD 0.00	0	N/A
PEROLES 8	BAJO	USD 0.00	0	N/A
PEROLES 10	BAJO	USD 0.00	0	N/A
PEROLES 13	MEDIO	USD 30,830.68	0.035	La vía de ingreso al pozo, presenta erosión y requiere trabajos para su replanteo y construcción de trincho metálico, el costo de los trabajos es de \$ 58.578.300

POZO					VALOR
	POZOS EN LADERAS DE RIOS				
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	
PEROLES 2	BAJO	USD 0.00	0	N/A	0.0752
PEROLES 7	BAJO	USD 0.00	0	N/A	0.0752
PEROLES 8	BAJO	USD 0.00	0	N/A	0.0752
PEROLES 10	BAJO	USD 0.00	0	N/A	0.0752
PEROLES 13	BAJO	USD 0.00	0	N/A	0.0864

Factor “AMBIENTAL”

Criterio “AFECTACIÓN DE INYECCIÓN DE AGUA”. Para el caso del campo Peroles, no existe ningún tipo de influencia por recobro mejorado asociado a la inyección de agua (Cuadro 22).

Criterio “PRESENCIA DE EMANACIONES”. Por medio de visita a los pozos, se identificaron dos pozos, Peroles 08 y Peroles 10, con emanaciones de gas identificadas por los medidores de atmosferas explosivas, representando un riesgo para los trabajadores (recorredores) y personas externas a la operación (Cuadro 22).

Criterio “TIEMPO DETENCIÓN”. En los pozos Peroles 2 y 10 se evidencio un tiempo de paro inferior a los seis meses, no es crítico ante las autoridades, pero si es una señal de alerta. Por otro lado, el pozo Peroles 13, cuenta con más de 10 año de inactivación, lo que representa un riesgo alto en el no cumplimiento de las norma establecidas por el Ministerio de Minas y Energía. Es recomendable actuar inmediatamente, ya sea como una opción de reactivación u abandono (Cuadro 22).

Cuadro 22. Factor Ambiental Peroles

POZO	3. FACTOR AMBIENTAL					
	Información suministrada por el funcionario de ingeniería y Técnico de pozo					
	AFECTACIÓN DE INYECCIÓN DE AGUA			PRESENCIA DE EMANACIONES		
	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO
PEROLES 2	NO	0	No hay proyecto de inyección en el campo	NO	0	No presenta emanaciones de gases
PEROLES 7	NO	0	No hay proyecto de inyección en el campo	NO	0	No presenta emanaciones de gases
PEROLES 8	NO	0	No hay proyecto de inyección en el campo	SI	0.26	Presenta emanaciones de gases en cabeza de pozo
PEROLES 10	NO	0	No hay proyecto de inyección en el campo	NO	0	No presenta emanaciones de gases
PEROLES 13	NO	0	No hay proyecto de inyección en el campo	SI	0.26	Se presentan emanaciones de gas en cabeza de pozo

POZO	TIEMPO DE DETENCIÓN			VALOR
	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO	
	PEROLES 2	MEDIO	0.055	
PEROLES 7	BAJO	0	Tiempo de Inactivación menor a 1 mes	0
PEROLES 8	BAJO	0	Tiempo de Inactivación menor a 1 mes	0.0208
PEROLES 10	MEDIO	0.055	Tiempo mayor a 2 meses de inactivación	0.0044
PEROLES 13	ALTO	0.11	Pozo con mas de 10 años de inactivación	0.0296

Factor “MANTENIMIENTO”.

Criterio “INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO”. Se identificó en términos generales que las líneas de los pozos del campo Peroles presentan desgaste severo por corrosión interna en ciertos tramos identificados. Por otra parte, se presenta desgaste y daño por corrosión en 1Km de línea del oleoducto Peroles – Tesoro que afecta a los cinco pozos en estudio (Cuadro 23).

De igual forma, se identificó, que el pozo Peroles 13, no cuenta con línea de flujo y se requiere su instalación con un costo asociado de \$ 223.161.756,00 para el suministro de una línea de 2Km y 3”.

Cuadro 23. Costos reposición tubería Peroles

POZO	Metros de línea a reponer	diámetro de líneas a reponer en Pulgadas	Costo asociado
PEROLES 02	250	3	\$ 47,926,797.00
PEROLES 07	200	3	\$ 39,625,623.00
PEROLES 08	250	3	\$ 47,926,797.00
PEROLES 10	200	3	\$ 39,625,623.00
PEROLES 13	2000	2	\$ 223,161,756.00
CAMPO	1000	6	\$ 196,574,295.00

Criterio “INTEGRIDAD CABEZALES”. Para este criterio, se identificó que el pozo Peroles 13 presenta daños en el cabezal de producción, producto de segueteo y robo de válvulas, lo que expone al pozo al medio ambiente. Para mitigar este daño, se requiere cambiar de cabezal, cuyo costo individual es de USD 12.000 (Cuadro 24).

Criterios “ACTOS DE TERCEROS”. Para este criterio, se identificó una frecuencia en robo a oleoducto de tres eventos al mes, lo que se considera no tan crítico como otra área cercana (Cuadro 24).

Cuadro 24. Factor Mantenimiento Peroles

POZO	4. FACTOR MANTENIMIENTO			
	Información suministrada por los funcionarios de MTTO			
	INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO			
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO
PEROLES 2	MODERADO	USD 45,916.66	0.206	La línea actual se encuentra en mal estado, y para su operación se requiere realizar evaluación del estado mecánico de las líneas. Se recomienda pintar la línea y subir la misma a marcos H, para evitar afectaciones por corrosión exterior. Se requiere por lo menos reponer 250mts de tubería costo asociado \$ 47.926.797,00 / Para garantizar la operación del campo Peroles, se requiere reponer 1Km del oleoducto de 6" Peroles - Tesoro. Costo asociado \$ 39.314.859
PEROLES 7	MODERADO	USD 41,547.62	0.206	La línea actual se encuentra en mal estado, y para su operación se requiere realizar evaluación del estado mecánico de las líneas. Se recomienda pintar la línea y subir la misma a marcos H, para evitar afectaciones por corrosión exterior. Por lo menos 200mts de tubería costo asociado \$ 39.625.623,00 / Para garantizar la operación del campo Peroles, se requiere reponer 1Km del oleoducto de 6" Peroles - Tesoro. Costo asociado \$ 39.314.859
PEROLES 8	MODERADO	USD 49,269.34	0.206	La línea actual se encuentra en mal estado, y para su operación se requiere realizar evaluación del estado mecánico de las líneas. Se recomienda pintar la línea y subir la misma a marcos H, para evitar afectaciones por corrosión exterior. Por lo menos 250mts de tubería costo asociado \$ 47.926.797,00 / / Para garantizar la operación del campo Peroles, se requiere reponer 1Km del oleoducto de 6" Peroles - Tesoro. Costo asociado \$ 39.314.859
PEROLES 10	MODERADO	USD 41,547.62	0.206	La línea actual se encuentra en mal estado, y para su operación se requiere realizar evaluación del estado mecánico de las líneas. Se recomienda pintar la línea y subir la misma a marcos H, para evitar afectaciones por corrosión exterior. Por lo menos 200mts de tubería costo asociado \$ 39.625.623,00 / / Para garantizar la operación del campo Peroles, se requiere reponer 1Km del oleoducto de 6" Peroles - Tesoro. Costo asociado \$ 39.314.859
PEROLES 13	SEVERO	USD 138,145.59	0.62	No cuenta con línea de flujo. Se debe instalar una nueva línea de flujo de 3" y 2Km de longitud a la estación Peroles. Costo total de instalación: \$ 223.161.756 / / Para garantizar la operación del campo Peroles, se requiere reponer 1Km del oleoducto de 6" Peroles - Tesoro. Costo asociado \$ 39.314.859

POZO								VALOR
	INTEGRIDAD CABEZALES				ACTOS DE TERCEROS			
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO	
PEROLES 2	ASEGURADO	USD 0.00	0	N/A	MEDIO	0.07	las líneas de flujo cuentan con más de tres hurtos al mes	0.011
PEROLES 7	ASEGURADO	USD 0.00	0	N/A	MEDIO	0.07	las líneas de flujo cuentan con más de tres hurtos al mes	0.011
PEROLES 8	ASEGURADO	USD 0.00	0	N/A	MEDIO	0.07	las líneas de flujo cuentan con más de tres hurtos al mes	0.011
PEROLES 10	ASEGURADO	USD 0.00	0	N/A	MEDIO	0.07	las líneas de flujo cuentan con más de tres hurtos al mes	0.011
PEROLES 13	NO ASEGURADO	USD 2,000.00	0.24	Presenta escapes de fluidos en válvulas	MEDIO	0.07	las líneas de flujo cuentan con más de tres hurtos al mes	0.037

Factor “SOCIAL”

Criterio “CERCANO A VIVIENDAS”. En este criterio, se identificó que el pozo Peroles 13, y debido a su largo periodo de inactivación, cuenta con invasiones cercanas a la localización. De igual forma hay viviendas establecidas a menos de 50mts del centro del pozo. Para el ingreso a este pozo, se requiere realizar una socialización de los trabajos a ejecutar y realizar la compra de vivienda en caso de que se considere su reactivación (Cuadro 25).

Esto requiere una inversión cercana a los \$ 40.000.000,00 de pesos. En caso que se considere su abandono, la inversión a realizar es menor, ya que solo se requieren costos de traslado temporal mientras se ejecutan los trabajos de abandono definitivo.

Criterio “ZONAS EN DESARROLLO”. No se identificaron zonas de desarrollo (Cuadro 25).

Cuadro 25. Factor Social Peroles

POZO	5. FACTOR SOCIAL							VALOR
	Información suministrada por el funcionario social							
	CERCANO A VIVIENDAS				ZONAS EN DESARROLLO			
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO	
PEROLES 2	BAJO	USD 0.00	0	N/A	NO	0	N/A	0
PEROLES 7	BAJO	USD 0.00	0	N/A	NO	0	N/A	0
PEROLES 8	BAJO	USD 0.00	0	N/A	NO	0	N/A	0
PEROLES 10	BAJO	USD 0.00	0	N/A	NO	0	N/A	0
PEROLES 13	ALTO	USD 21,052.63	0.88	Hay problemas sociales por comunidad establecida en el área de acceso. Se requiere compra de vivienda y traslado de familias. Esto tiene un costo total de \$ 40.000.000	NO	0	N/A	0.0176

Factor “FINANCIERO”

La valoración de este factor, la realizó en conjunto, el funcionario de Yacimiento e Ingeniería basados en el formato VPR-VPR-F-011 (Formato de Evaluación Económica de Intervención a Pozos Productores de Crudo) de la Vicepresidencia de Producción de Ecopetrol. Teniendo en cuenta, que solo se consideraron las actividades de subsuelo para el incremento de producción.

En este formato se Tienen en cuenta, los siguientes parámetros que se identifican para cada uno de los pozos evaluados:

- **Información de Servicio a Pozo.** Referente al presupuesto estimado para cada uno de los trabajos a ejecutar, su tiempo de ejecución y tiempo medio de falla del campo (Cuadro 26):

Cuadro 26. Información de Servicio a Pozo Peroles

POZOS	DURACIÓN EN DIAS DEL TRABAJO	PRESUPUESTO	TIEMPO MEDIO DE FALLA MESES
PEROLES 2	12	USD 134,839.63	24
PEROLES 7	12	USD 137,974.63	24
PEROLES 8	12	USD 128,904.63	24
PEROLES 10	12	USD 117,777.63	24
PEROLES 13	12	USD 138,612.63	24

- **Información Parámetros de Producción.** Referente a la producción anterior del pozo, el potencial esperado por la intervención y la declinación histórica del campo (Cuadro 27).

Cuadro 27. Parámetros de Producción Peroles

POZOS	PROD ANTES DE SERVICIO	POTENCIAL ESPERADO	DECLINACIÓN HISTÓRICA AÑO-1
PEROLES 2	0	56	0.086
PEROLES 7	10	34	0.086
PEROLES 8	15	9	0.086
PEROLES 10	0	43	0.086
PEROLES 13	0	55	0.086

- **Parámetros de Evaluación.** Hace referencia a los parámetros que se deben tener en cuenta en el cálculo de los índices financieros como:
 - **Costo de levantamiento.** Corresponde al costo de levantamiento en USD/BI para el campo objeto de evaluación reportado en el último informe de gestión. En este caso es de 43 USD/BI para el año 2014.

- **Precio.** Corresponde al precio en USD/Bl definido en el documento "BASES DE PORTAFOLIO" para el año en curso. El precio para el 2014 es de 70USD, consultado al personal de portafolio de los departamentos de Gestion y Crecimiento.

- **Tasa de Descuento.** corresponde al % definido por VEC (Vicepresidencia de Estrategia y Crecimiento de Ecopetrol) para la evaluación de proyectos, definida en el Documento "BASES DE PORTAFOLIO" para el año en curso. Que para este caso fue de 11.1%

- **Calidad y Transporte.** corresponde al descuento por calidad y transporte aplicado al precio WTI en USD/Bl a emplearse tanto para precios de portafolio como para condiciones de mercado. Que para este caso fue de 3 USD/Bl

- **Regalías.** corresponde al % de regalías que aplica a la producción básica del campo. Que para el campo Peroles durante la vigencia 2014 fue del 20%.

- **Impuesto de Renta.** corresponde al Impuesto en % que grava los ingresos netos operacionales definido por la normatividad vigente colombiana. Que para este caso es de 36%.

Cuadro 28. Parámetros de Evaluación Peroles.

POZOS	COSTO DE LEVANTAMIENTO USD/BL	PRECIO WTI USD/BL	TASA DE DESCUENTO	CALIDAD Y TRANSPORTE USD/BL	REGALIAS %
PEROLES 2	43	70	11,1%	3	20
PEROLES 7	43	70	11,1%	3	20
PEROLES 8	43	70	11,1%	3	20
PEROLES 10	43	70	11,1%	3	20
PEROLES 13	43	70	11,1%	3	20

- **Resultado Evaluación Financiera.** Con la información suministrada, el modelo utilizado calcula los indicadores financieros a dos periodos de tiempo e indica la viabilidad económica de realizar o no el servicio al pozo (Cuadro 29)

Cuadro 29. Indicadores Financieros Peroles iniciales

POZO	TRABAJO	COSTO	BLS INICIALES A RECUPERAR	VPN 2 AÑOS	BLS A RECUPERAR	EFI
PEROLES 02	RE-CAÑONEO	USD 134,839.63	56	USD 28,047.00	30,148	0.21
PEROLES 07	RE-CAÑONEO	USD 137,974.63	34	USD (39,079.00)	18,304	-0.28
PEROLES 08	RE-CAÑONEO	USD 128,904.63	9	USD (102,726.00)	4,835	-0.8
PEROLES 10	RE-CAÑONEO	USD 117,777.63	43	USD 7,296.00	28,937	0.06
PEROLES 13	CAÑONEO	USD 138,612.63	55	USD 21,365.00	29,610	0.15
TOTAL CAMPAÑA		USD 658,109.16	197	USD (85,097.00)	111,834	

Esta información fue ingresada en el formato de la metodología descrita así:

Cuadro 30. Factor Financiero inicial Peroles

POZO	6. FACTOR FINANCIERO							VALOR
	Información suministrada por el funcionario de ingeniería y Yacimientos							
	RESERVAS A RECUPERAR			LIFTING COST		VPN		
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	VALORACIÓN	VALOR	VALORACIÓN	VALOR	
PEROLES 2	MAYOR A 20KBLS	USD 134,839.63	0	MAYOR AL PROMEDIO	0.643	POSITIVO	0	0.115740
PEROLES 7	MENOR A 20KBLS	USD 137,974.63	0.283	MAYOR AL PROMEDIO	0.643	NEGATIVO	0.074	0.180000
PEROLES 8	MENOR A 20KBLS	USD 128,904.63	0.283	MAYOR AL PROMEDIO	0.643	NEGATIVO	0.074	0.180000
PEROLES 10	MAYOR A 20KBLS	USD 117,777.63	0	MAYOR AL PROMEDIO	0.643	POSITIVO	0	0.115740
PEROLES 13	MAYOR A 20KBLS	USD 138,612.63	0	MAYOR AL PROMEDIO	0.643	POSITIVO	0	0.115740

Con la información ingresada en el formato de evaluación se generaron las siguientes recomendaciones por pozo:

Cuadro 31. Recomendación Generada para el Caso Peroles

POZO	VALOR TOTAL	COSTO TOTAL USD
PEROLES 2	21%	USD 197,665.23
PEROLES 7	27%	USD 196,431.19
PEROLES 8	29%	USD 195,082.92
PEROLES 10	21%	USD 176,234.19
PEROLES 13	29%	USD 347,550.47

POZO	RECOMENDACIÓN
PEROLES 2	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO
PEROLES 7	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO
PEROLES 8	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO
PEROLES 10	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO
PEROLES 13	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO

Realizando las evaluaciones financiera considerando los costos finales identificados aplicando la metodología se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 32):

Cuadro 32. Indicadores Financieros Peroles Finales

POZO	TRABAJO	COSTO	BLS INICIALES A RECUPERAR	VPN 2 AÑOS	BLS A RECUPERAR	EFI
PEROLES 02	RE-CAÑONEO	USD 197,665.23	56	USD (34,779.00)	30,148	-0.18
PEROLES 07	RE-CAÑONEO	USD 196,431.19	34	USD (97,536.00)	18,304	-0.50
PEROLES 08	RE-CAÑONEO	USD 195,082.92	9	USD (168,904.00)	4,835	-0.87
PEROLES 10	RE-CAÑONEO	USD 176,234.19	43	USD (51,161.00)	28,937	-0.29
PEROLES 13	CAÑONEO	USD 326,498.00	55	USD (166,521.00)	29,610	-0.51
TOTAL CAMPAÑA		USD 1,091,911.53	197	USD (518,901.00)	111,834	

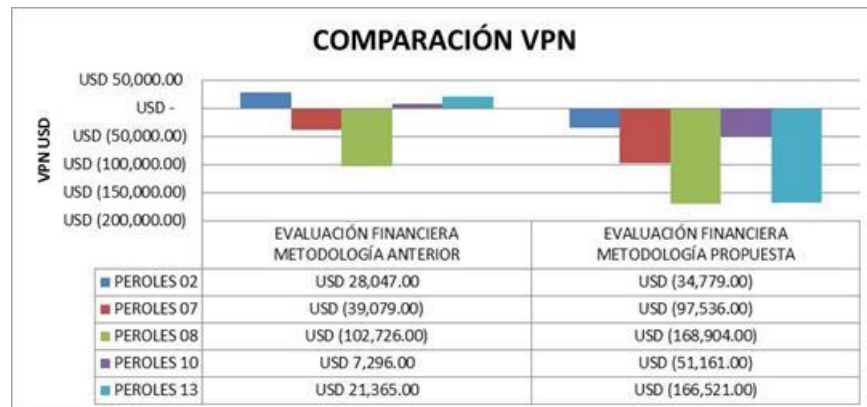
- Conclusiones aplicación Metodología Campo Peroles:
 - Para los cinco pozos evaluados del campo Peroles, se recomienda el abandono definitivo de los pozos según la valoración de los criterios y Factores.
 - El criterio que más influyó dentro de la evaluación realizada, fue el criterio de Costo de levantamiento, debido a que este se encuentra muy por encima del promedio de los campos análogos del sector. En este caso, este criterio, se comparó con el costo de levantamiento de los campos de la Gerencia de Mares de Ecopetrol, el cual, en promedio de encuentra en 25USD/Bls, haciendo al campo Peroles el de menor rendimiento en la gerencia.
 - El factor Externo Ambiental, de igual forma influyo de forma significativa, dado los problemas de movimiento de tierra y erosión identificados durante las visitas.
 - Aun cuando el Factor de Mantenimiento, no tuvo gran influencia en la valoración inicial, su impacto se ve reflejado en la evaluación financiera final, en donde considerando los costos asociados a reposición de líneas se identifican reducciones en el Indicador Financiero VPN, que para algunos pozos, esta reducción hizo que no fueran financieramente atractivos (Cuadro 33).

Cuadro 33. Comparación Indicadores Financieros Peroles

POZO	VPN INICIAL USD	VPN FINAL USD	VARIACIÓN USD	VARIACIÓN %
PEROLES 02	USD 28,047.00	USD (34,779.00)	USD (62,826.00)	-124%
PEROLES 07	USD (39,079.00)	USD (97,536.00)	USD (58,457.00)	-250%
PEROLES 08	USD (102,726.00)	USD (168,904.00)	USD (66,178.00)	-164%
PEROLES 10	USD 7,296.00	USD (51,161.00)	USD (58,457.00)	-701%
PEROLES 13	USD 21,365.00	USD (166,521.00)	USD (187,886.00)	-779%
TOTAL	USD (85,097.00)	USD (518,901.00)	USD (433,804.00)	

- Realizando la comparación de los indicadores financieros utilizados antes y después de la aplicación de la metodología, se observa en términos generales, que el contemplar únicamente la visión de Ingeniería y Yacimientos pudo llevar a tomar malas decisiones, ya que no se tenían en cuenta la valoración de otros factores. (Cuadro 34)

Cuadro 34. Comparación VPN



- Con estas bases técnicas y financieras, se definió abandonar físicamente los pozos Peroles 02, Peroles 07, Peroles 08, Peroles 10 y Peroles 13. En los casos de pozos activos, se decidió abandonar el pozo a falla del mismo.
- Durante el desarrollo de la metodología se evidenció la importancia de contar con la participación de todas las disciplinas involucradas en la operación de pozos. Tomar la decisión basados en criterios de los funcionarios de Yacimientos e ingeniería únicamente, puede no ser la mejor alternativa.

- Durante la aplicación de la metodología, se evidencio la incomodidad de los ejecutores en el momento de valorar los criterios, ya que estos estaban muy específicos, según en instructivo (Anexo B). Es por esto, que en el formato de evaluación se dejó una nota la cual dice: “* La valoración que se presenta en la tabla, es sugerida, cada evaluador puede utilizar su propio criterio”

8. INSTRUCTIVO

En el anexo B se muestra el instructivo de la metodología

9. CONCLUSIONES

- El desarrollo de la metodología descrita, permitirá que la toma de decisión de continuar o no con la operación de un pozo, sea tomada por un grupo de expertos de diferentes disciplinas y no se deje a un solo criterio, que para este caso son los funcionarios de los Departamentos de Yacimientos e Ingeniería.
- Dentro de las metodologías identificadas en Ecopetrol, se observó que aun cuando tenga aplicabilidad en cada una de sus área, operacionalmente no son aplicables para definir la continuidad operativa de los pozos por parte cada Gerencia, ya que no tienen en cuenta algunos factores de gran importancia para la toma de decisión.
- Aunque individualmente no sean aplicables para el objetivo de determinar la continuidad operativa de pozos, si existen factores y criterios que deben ser utilizados dentro de la presente metodología. Estos criterios, deben ser considerados y ajustados a esta nueva tecnología que le permita al tomador de decisión optar por la mejor alternativa para la compañía.
- En la etapa de encuestas, utilizando el método Delphi, se permitió considerar otro Factor que no se tuvo en cuenta inicialmente, y realizar una retroalimentación a los encuestados que no tuvieron en cuenta este factor (FACTOR MECÁNICA DE FONDO)
- Las diferentes etapas del método Delphi, permitieron realizar un consenso de opiniones, donde se definió un rango de importancia entre los criterios y factores definidos por el grupo de expertos inicial. Debido a que en la primera ronda de encuestas se observó cierto grado de consenso, se definió realizar

una segunda entre todos los encuestados, lo cual logró establecer un consenso definitivo sin necesidad de rondas adicionales.

- Se definió realizar la ponderación y calificación de los factores y criterios como un problema con múltiple objetivo, utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), debido a que la formulación del problema se realiza a través de una estructura jerárquica en donde se permitirá seleccionar la mejor alternativa dentro de un conjunto de alternativas posibles.
- El Pareto en la decisión final (86%) se ven reflejados en los Factores Integridad Mecánico de Fondo (36%), Factores Externo Ambiental (31%) y el Factor Financiero (18%). Esto dado a que estos factores son los que en cierta forma, en ocasiones no se pueden “modificar” o sus intervenciones son bastante costosas
- Los Factores de Mantenimiento, Ambiental y Social representan el 14% de la valoración al momento de tomar una decisión de continuidad operativa, dado a que en estos factores, se puede influenciar por medio de la operación y son relativamente menos costosas.
- La metodología descrita, se complementa con una evaluación financiera que contemple todos los costos asociados e identificados por cada funcionario experto. Es posible que la metodología considere la continuidad operativa de un pozo, pero financieramente no sea rentable, lo que puede reversas la decisión inicial.
- En la aplicación específica a campo Peroles, se recomendó el abandono definitivo de los Pozos Peroles, donde con la metodología se recomendó su abandono, ratificándolo con las evaluaciones financieras que tuvieron en cuenta los costos identificados por cada experto.

10. RECOMENDACIÓN

- Socializar el instructivo que se realizó por medio de la presente metodología entre los Jefes de Departamento de Ingeniería de cada Gerencia Operativa de Producción de Ecopetrol, resaltando la ventaja que tiene este en la toma de decisiones operativas de pozos productores de Hidrocarburo, resaltando que para el desarrollo se requiere participación de múltiples disciplinas que están involucradas.
- Resaltar en el instructivo, que la metodología, solo se puede realizar con la participación de todos los funcionarios involucrados en las operaciones de pozos, ingenieros Mecánicos, químicos y funcionarios de áreas sociales.

Cada opinión es importante y puede ser muy representativa al momento de tomar la decisión.

- Por medio de los líderes de Desincorporación de Activos de Ecopetrol, se puede socializar la metodología a entes gubernamentales que puedan recomendar esta metodología a nivel nacional como una alternativa para determinar cuando se debe abandonar un pozo.
- Realizar una metodología similar para tomar decisiones referentes a la continuidad operativa de los equipos de superficie (Tanques, Bombas, Compresores, etc.), ya que actualmente, es muy difícil tomar este tipo de decisiones por parte de los funcionarios dueños de estos activos.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, Sweeny y Williams. Métodos Cuantitativos para los Negocios. 9ª Edición. 1998

COLOMBIA MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Resolución 181495 de 2009. Disponible en: www.minminas.gov.co

CASTILLO, Mario. Toma De Decisiones En Las Empresas: Entre el arte y la técnica. Universidad De Los Andes. Primera Edición, Bogotá, Uniandes. Julio 2006

AMAYA, Jairo. Toma de Decisiones Gerenciales. 2da Edición, Bogotá, 2009

VARELA, Margarita. Descripción y usos del método Delphi en investigación del área de la salud. Abril 2012

SAATY, Thomas The Analytical Hierarchy Proces. Mac Graw Hill. 1998

SANCHEZ, Gabriel. Técnicas Participativas Para la Planeación. Cap 6

VECINO, Carlos. Fundamentos de Ingeniería Económica. Universidad Industrial de Santander

GALLEGER, C. Métodos Cuantitativos Para La Toma De Decisiones En Administración, McGraw Hill, México, 1998

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN, Identificación de Zonas Críticas de Erosión en las Orillas e Islas de los Campos de Exploración de Ecopetrol en el Magdalena Medio. 2003

BARBOSA. Sebastian, Metodología para Calcular la Profundidad de Socavación General en ríos de montaña. Tesis Magister en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. 2013

LANDERA, Jhon. El método Delphi. Ariel. 1999. Barcelona

LOPEZ, Ludwing, Metodología de Gestión de Integridad de Pozos Inactivos y Abandonados, Ecopetrol. 2010

VPR-VPR-F-011 Formato de Evaluación Económica de Intervención a Pozos Productores de Crudo, de la VPR ECOPETROL S.A. 2012

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH). Relación de Contratos 2015. Disponible en: www.anh.gov.co/Seguimiento-a-contratos

Valoración Factor Externo Ambiental

POZO	2. FACTOR EXTERNO AMBIENTAL												VALOR
	Información suministrada por el Ingeniero Civil del área												
	TERRENOS EN MOVIMIENTO				TERRENOS EROSIONABLES				POZOS EN LADERAS DE RIOS				
VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO		
POZOS 1	ALTO		0.47			0				0			0.1504
POZOS 2			0			0				0			0
POZOS 3			0			0				0			0
POZOS 4			0			0				0			0
POZOS 5			0			0				0			0

Valoración Factor Ambiental

POZO	3. FACTOR AMBIENTAL									VALOR
	Información suministrada por el funcionario de ingeniería y Técnico de pozo									
	AFECTACIÓN DE INYECCIÓN DE AGUA			PRESENCIA DE EMANACIONES			TIEMPO DE DETENCIÓN			
VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO		
POZOS 1		0			0			0		0
POZOS 2		0		SI	0			0		0
POZOS 3		0		NO	0			0		0
POZOS 4		0			0			0		0
POZOS 5		0			0			0		0

Valoración Factor Mantenimiento

POZO	4. FACTOR MANTENIMIENTO											VALOR
	Información suministrada por los funcionarios de MITO											
	INTEGRIDAD DE LAS LINEAS DE FLUJO				INTEGRIDAD CABEZALES				ACTOS DE TERCEROS			
VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO		
POZOS 1			0			0			0		0	
POZOS 2	SEVERO		0			0			0		0	
POZOS 3	ALTO		0			0			0		0	
POZOS 4	MODERADO		0			0			0		0	
POZOS 5	BAJO		0			0			0		0	


Valoración Factor Social

POZO	5. FACTOR SOCIAL							VALOR
	Información suministrada por el funcionario social							
	CERCANO A VIVIENDAS			ZONAS EN DESARROLLO				
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	COMENTARIO	VALORACIÓN	VALOR	COMENTARIO	
POZOS 1			0			0	0	
POZOS 2	ALTO		0			0	0	
POZOS 3	BAJO		0			0	0	
POZOS 4			0			0	0	
POZOS 5			0			0	0	

Valoración Factor Financiero

POZO	6. FACTOR FINANCIERO							VALOR
	Información suministrada por el funcionario de ingeniería y Yacimientos							
	RESERVAS A RECUPERAR			LIFTING COST		VPN		
	VALORACIÓN	COSTO DE LA ALTERNATIVA	VALOR	VALORACIÓN	VALOR	VALORACIÓN	VALOR	
POZOS 1	MAYOR A 20KBLS		0		0		0	0.000000
POZOS 2	MAYOR A 20KBLS		0		0		0	0.000000
POZOS 3	MAYOR A 20KBLS		0		0		0	0.000000
POZOS 4	MAYOR A 20KBLS		0		0		0	0.000000
POZOS 5	MAYOR A 20KBLS		0		0		0	0.000000

ANEXO B INSTRUCTIVO DE LA METODOLOGÍA

	INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO		
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES		
	CODIGO VPR-VPR-F-XXX	Elaborado 01/06/2015	Versión: 1

1. OBJETIVO

El presente instructivo, permitirá, facilitar la toma de decisión referente a la continuidad operativa de un pozo productor de hidrocarburo inactivo o activo. Por medio de la participación de las áreas involucradas las cuales con sus conocimientos permitirán establecer la viabilidad operativa de un pozo.

Se describe un paso a paso de las requerimientos de cada uno y la información requerida para ayudar a la toma de decisión.

2. GLOSARIO

RESERVAS: Petróleo acumulado en los yacimientos comercialmente recuperable soportado en un proyecto

PRODUCTIVIDAD: Relación entre la producción real del pozo y la diferencial de presión realizada en cara de formación del pozo.

LOCALIZACIONES: Lugar donde que se adecua para la perforación de pozos

ESTADO MECÁNICO: Grafico que muestra el estado actual de un pozo productor o inyector

WORK OVER: Intervención al pozo para trabajos de recuperación de reservas o recuperación básica

CABEZALES: Juego de válvulas que se ubican en la cabeza de pozo para controlar las presiones y evitar influjos de fluidos al ambiente

3. CONDICIONES GENERALES

Para el siguiente instructivo, es indispensable, contar con la participación de las diferentes áreas involucradas en la operación normal de un pozo los cuales involucran:

- **Funcionario de Yacimientos.** Funcionarios con conocimientos específicos de los pozos, en cuanto a **reservas** actuales de los pozos y la capacidad de incrementar o acelerar las mismas.
- **Funcionario de Ingeniería Subsuelo de campo.** Funcionario con conocimientos específicos de los pozos en cuanto a conocer el estado de fondo de los mismos y las posibilidades de trabajos de **Work Over** que permitan incrementar la **productividad** de los mismos.
- **Funcionarios de Operación.** Funcionarios del área de operación, con conocimientos generales de las operaciones en campo.
- **Funcionarios de Mantenimiento.** Funcionarios profesionales en ingeniería civil, con conocimientos locales del área de intervención, como condiciones del suelo y las posibles afectaciones naturales que se presentan en las **localizaciones** de los pozos. Debe tener conocimientos de los trabajos de mantenimiento que se realizan en el área de los pozos estudiados.
- **Funcionarios de Mantenimiento.** Funcionarios profesionales en ingeniería mecánica o química, con conocimientos locales del área de intervención, como estado actual de la tubería de producción y sus posibles afectaciones en la producción de los pozos. Deben tener

1/10

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.



**INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE
LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO**

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES

CODIGO
VPR-VPR-F-XXX

Elaborado
01/06/2015

Versión: 1

conocimiento de los trabajos de mantenimiento que se realizan en el área de los pozos estudiados.

- **Funcionarios Transversales (área social).** Funcionarios con conocimiento y manejo de comunidades que conozcan claramente el área de influencia y las posibles restricciones que se puedan presentar en la operación de los pozos.

Dentro de la evaluación que se va a realizar a cada pozo, se deben tener en cuenta los siguientes factores y criterios, que deben ser evaluados por cada uno de los funcionarios expertos. Con el fin de que la decisión de continuidad operativa de un pozo sea tomada bajo un consenso y no por una sola opinión.


1. **Factor mecánico de Fondo.** Hace referencia, al estado mecánico actual del pozo en estudio, verificando si tiene alternativas de intervención, verificando condiciones de cemento, zonas conocidas de agua y daños mecánicos.
2. **Factor Externo Ambiental.** Donde se definen los criterios externos ambientales a la operación. Donde la operación aun cuando tenga la capacidad de realizar trabajos preventivos, las condiciones ambientales severas pueden definir el abandono definitivo de un pozo. Esta información, debe ser suministrada por los funcionarios de mantenimiento (ingenieros civiles)

2.1 Criterio Pozos en Terrenos en Movimiento. Hace referencia a los deslizamientos ("Landslides") consisten en "movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud" (Cruden 1991). La naturaleza precisa del proceso no está incluida en la definición e incluye procesos que son producto de la acción de las fuerzas gravitacionales, hidráulicas, etc. De maneja general se clasificaron en BAJO <3m en el cuerpo del deslizamiento, MEDIANO, entre 3m-20m y ALTO mayor a 20m.

2.2 Terrenos Erosionables. Hace referencia al desprendimiento, transporte y depósito de partículas o masas pequeñas de suelo o roca por, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua. El flujo puede concentrarse en canales procediendo surcos y cárcavas. Las gotas de lluvia contribuyen al desprendimiento de las partículas o granos, lo cual produce sedimentación de materiales en el pie del talud. De manera general se puede clasificar la tendencia a la erosión del terreno en BAJA, MEDIA y ALTA.

2.3 Pozos Cercanos a Laderas de Rios. Hace referencia a los procesos erosivos ocasionados por socavación normal en el lecho de la corriente, en donde una corriente de agua que se desplaza en su cauce tiene cierta capacidad de suspender y arrastrar partículas sólidas que constituyen el lecho sobre el que ocurre el flujo. Esto afecta directamente a los pozos productores de hidrocarburo, ya que en la actualidad, algunos de estos pozos se encuentran en riesgo alto debido a los procesos erosivos de los ríos. De manera general se puede calificar la tendencia erosiva como BAJA, MEDIA y ALTA.

3. **Factor Ambiental.** Hace referencia a las condiciones ambientales que en cierta forma la operación puede controlar en la vida productiva de un pozo. esta información, debe ser suministrada por los funcionarios de ingeniería de subsuelo y técnicos de producción.

	INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO		
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES		
	CODIGO VPR-VPR-F-XXX	Elaborado 01/06/2015	Versión: 1

3.1 Pozos Afectados por Inyección de Agua. Hace referencia a la predicción hacia el comportamiento del frente de inyección y la afectación a los pozos observados. Cualquier aumento en la presión del yacimiento puede generar afectaciones en los estados mecánicos de los pozos y posibles escapes de fluido. Este factor se clasifica como pozo con o sin afectación (SI/NO)

3.2 Presencia de Emanaciones. Se evalúa de manera directa mediante una afirmación. Permite por medio de visitas a las localizaciones la presencia o no de emanaciones en los alrededores del pozo.

3.3 Tiempos de Detención. Hace referencia al impacto del cumplimiento de la resolución No 181494 del Ministerio de Minas, donde se definen un plazo máximo de inactivación de 6 meses. Este factor se calificará de acuerdo al tiempo de inactivación con referencia a la norma en ALTO, MEDIO y BAJO.

4. Factor Mantenimiento. Hace referencia a los factores propios del departamento de mantenimiento en cuanto a la integridad mecánica de las fisilidades de superficie. Esta información, debe ser suministrada por los funcionarios de mantenimiento (ingenieros mecánico o químico)

4.1 Integridad de las Líneas de Flujo. Hace referencia a la existencia e integridad de las líneas de flujo del pozo activo o inactivo. Específicamente en la categorización de la corrosión teniendo como estándar la norma NACE ESTÁNDAR RP0-07-75, donde se definen los siguientes parámetros: SEVERO > 0.25mm/y o línea inexistente, ALTO entre 0.13mm/y - 0.25mm/y, MODERADO entre 0.025mm/y - 0.12mm/y y BAJO <0.025mm/y.


4.2 Integridad de los Cabezales. Hace referencia a si los pozos tiene asegurado o no sus salidas al medio ambiente, referentes a las válvulas de **Casing y Tubing**. De igual forma evalúa la integridad de los cabezales en cuanto a si existe algún tipo de fuga en el mismo por medio de un inspección visual. Este parámetro es evaluado por medio de una afirmación.

4.3 Actos de Terceros. Hace referencia a los daños ocasionados en líneas de flujo, como sequeteo o aperturas que realizan los terceros para robo de fluidos conducidos por las líneas de flujo. Este parámetro, será evaluado con un rango de ALTO, MEDIO y BAJO.

5. Factor Social. Hace referencia al impacto social de la actividad de los pozos sean activos o inactivos. esta información, debe ser suministrada por los funcionarios de las áreas transversales.

5.1 Pozos Cercanos a Zonas de Vivienda. Hace referencia a la cercanía de zonas pobladas a los pozos en producción o inactivos. Tomando como referencia el plan de manejo ambiental de cada área, donde estipula que la distancia menor a una vivienda es de 50mts. ALTO: Menos de 50mts, Medio Entre 50mts a 100mts y BAJO más de 100mts

5.2 Pozos en Zonas de Desarrollo. Hace referencia a una afirmación, donde se tiene conocimiento de algún tipo de desarrollo en cercanías a los pozos.

	INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO		
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES		
CODIGO VPR-VPR-F-XXX	Elaborado 01/06/2015	Versión: 1	

6. **Factor Financiero.** Donde se definen los principales indicadores financieros que se deben tener en cuenta para la ejecución de algún trabajo, esta información, debe ser suministrada por los funcionarios de Yacimientos e ingeniería de subsuelo.

6.1 Criterio Reservas a Recuperar. Se refiere a los barriles que puede recuperar un pozo en su estado activo, o los que puede recuperar por alguna actividad de reactivación. Se define un parámetro de 20kbls a dos años. Lo que hace referencia al 10% de reservas a recuperar en un pozo Nuevo.

6.2 Criterio Lifting Cost. Se refiere a una comparación del costo de levantamiento del campo al cual pertenece el pozo en estudio. Una comparación con el costo de levantamiento del área de operación del campo. Donde se define si es mayor o menor al costo de levantamiento del área.

6.3 VPN de Un Proyecto. Se refiere al Valor Presente Neto de algún tipo de trabajo que se pueda realizar al pozo en estudio, para la recuperación de reservas. Este valor puede ser positivo o negativo.

4. DESARROLLO

A continuación, se presenta un paso a paso a seguir para que con la participación de las áreas requeridas puedan generar un concepto acerca de la continuidad operativa de pozos productores de hidrocarburos:

- **Oficialización de requerimiento.** Los funcionarios de ingeniería y yacimientos, deben informar al grupo de expertos el interés que existen sobre cada pozo en estudio. Ya sea por memorando oficial o correo empresarial. Adjuntando el formato de Excel.
- **Recopilación y verificaciones de condiciones en campo.** Cada funcionario experto, debe si lo considera pertinente, realizar visita a campo para verificar las condiciones existentes en cada pozo de estudio. Se recomienda, que se realice una visita conjunta, donde se redacte un acta de la mi
- **Diligenciamiento del formato.** Cada funcionario, debe diligenciar el formato anexo de Excel en cada una de sus especialidades:
 1. **Factor Mecánico de Fondo.** En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto del estado mecánico del pozo en fondo que el funcionario de ingeniera tiene al respecto según las siguientes alternativas:



INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES

CODIGO
VPR-VPR-F-XXX

Elaborado
01/06/2015

Versión: 1

ALTO	Pozo con daño mecánico en fondo severo que no permite ser intervenido
MEDIO	Pozo con daño mecánico que puede ser reparado con intervención de <u>Work Over</u>
BAJO	Pozo con daño mínimo o sin daño

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo posible en caso que sea viable la corrección de los posibles daños (En dólares).

2. **Factor Externo Ambiental.** En este factor de evaluación, se evalúan tres criterios que el funcionario de mantenimiento, debe valorar según su conocimiento y experiencia en el campo:

2.1 Criterio "TERRENOS EN MOVIMIENTO". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de mantenimiento (Ingeniero Civil) del movimiento de tierra del área de los pozos en estudio. Según los conceptos que presente del área. Se recomienda tener en cuenta la siguiente valoración.

ALTO	Deslizamientos mayores a 20 metros
MEDIO	Deslizamientos entre 3 a 20 metros
BAJO	Deslizamientos menores a 3 metros

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo posible en caso que se viable la corrección de los posibles daños (En dólares).

2.2 Criterio "TERRENOS EROSIONABLES". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de mantenimiento (Ingeniero Civil) de los desprendimientos de tierra ocasionados por lluvias (Erosión del terreno) de los pozos en estudio. Se recomienda la siguiente valoración.

ALTO	Alto grado de desprendimiento (Terrenos altamente erosivos)
MEDIO	Medio grado de desprendimiento (Terrenos medianamente erosivos)
BAJO	Terrenos no erosivos



INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES

CODIGO
VPR-VPR-F-XXX

Elaborado
01/06/2015

Versión: 1

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo posible en caso que se viable la corrección de los posibles daños (En dólares).

2.3 Criterio "POZOS EN LADERAS DE RIOS". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de mantenimiento (Ingeniero Civil) de los efectos erosivos ocasionados por el arrastre de sedimentos de los ríos (Socavación) de los pozos en estudio. Se recomienda la siguiente valoración.

ALTO	Alta afectación y desprendimiento severo. Alto costo de mitigación.
MEDIO	Existe afectación en laderas, mitigables con obras civiles, o construcción de espolines cortos o hexápodos
BAJO	No se presenta afectación

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo posible en caso que se viable la corrección de los posibles daños (En dólares).

3. **Factor Ambiental.** En este factor de evaluación, se evalúan tres criterios que los funcionarios de Yacimientos, ingeniería y operaciones, debe valorar según su conocimiento y experiencia en el campo:

3.1 Criterio "AFECTACIÓN DE INYECCIÓN DE AGUA". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Yacimientos o Ingeniería (Ingenieros de Petroleos) de la posible influencia de un proyecto de inyección en el área. Este criterio se evalúa de manera directa mediante una afirmación o negación (Alta influencia - Poca influencia).

Este criterio no cuenta con casilla de costo, ya que no hay como valorar algún trabajo que evite la afectación de algún patrón de inyección.

3.2 Criterio "PRESENCIA DE EMANACIONES". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Operaciones (Técnico) de las posibles emanaciones presentes en el pozo evaluado. Este criterio se evalúa de manera directa mediante una afirmación o negación (Presencia de emanaciones - No Presencia de emanaciones).

Este criterio no cuenta con casilla de costo, ya que es una valoración visual.

3.3 Criterio "TIEMPO DE DETECCIÓN". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Ingeniería (Ingeniero de petróleos) del estado actual del pozo y su tiempo de inactivación según la resolución 181495 del Ministerio de Minas de la siguiente forma:

6/10

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.



INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES

CODIGO
VPR-VPR-F-XXX

Elaborado
01/06/2015

Versión: 1

ALTO	Mayor a 6 meses de inactivación
MEDIO	Entre 1 a 6 meses
BAJO	Pozos activos o con menos de 1 mes de inactivación

Este criterio no cuenta con casilla de costo.

4. **Factor Mantenimiento.** En este factor de evaluación, se evalúan tres criterios que el funcionario de mantenimiento, debe valorar según su conocimiento y experiencia en el campo:


4.1 Criterio "INTEGRIDAD DE LAS LÍNEAS DE FLUJO". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Mantenimiento (Ingeniero Mecánico / Químico) del estado e integridad de las líneas del pozo en estudio. Según los conceptos que presente del área. Se recomienda tener en cuenta la siguiente valoración, según la escala de la Norma NACE en cuanto a estados de corrosión de las líneas de flujo (mm/y milímetros por año):

SEVERO	> 0.25mm/y o línea inexistente
ALTO	Entre 0.13mm/y - 0.25mm/y
MEDIO	Entre 0.025mm/y - 0.12mm/y
BAJO	<0.025mm/y.

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo posible de los trabajos para recuperación de las líneas de flujo o su reposición.

4.2 Criterio "INTEGRIDAD CABEZALES". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Mantenimiento (Ingeniero Mecánico / Químico) de la integridad de los cabezales, referentes a la exposición que tienen los fluidos de hidrocarburos al medio ambiente.

Este criterio se evalúa de manera directa mediante una afirmación del estado del pozo de estar ASEGURADO o NO ASEGURADO.

	INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO		
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES		
	CODIGO VPR-VPR-F-XXX	Elaborado 01/06/2015	Versión: 1

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo posible de los trabajos para Asegurar el pozo.

4.3 Criterio "ACTOS DE TERCEROS". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Mantenimiento (Ingeniero Mecánico / Químico) de la frecuencia en la que las líneas de flujo son afectadas por actos de terceros. Según los conceptos que presente del área. Se recomienda valorar en ALTO, MEDIO o BAJO, según la frecuencia que se presente.

Este criterio no cuenta con casilla de costo,

5. **Factor Social.** En este factor de evaluación, se evalúan dos criterios que el funcionario transversal, debe valorar según su conocimiento y experiencia en el campo:

5.1 Criterio "CERCANO A VIVIENDAS". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario Transversal (Social) de la cercanía del pozo a zonas pobladas. Según los conceptos que presente del área. Se recomienda la siguiente valoración de acuerdo a su plan de manejo ambiental:

ALTO	Menos de 50mts
MEDIO	Entre 50mts a 100mts
BAJO	Más de 100mts

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo que tendría que asumir la empresa para poder liberar los predios.

5.2 Criterio "ZONAS EN DESARROLLO". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario Transversal (Social) del conocimiento de prospecciones de desarrollo en el área del pozo en estudio. Esto se hace por medio de una valoración de SI o NO.

6. **Factor Financiero.** En este factor de evaluación, se evalúan tres criterios que el funcionario de Yacimientos e ingeniería, debe valorar según su conocimiento y experiencia en el campo:

6.1 Criterio "RESERVAS A RECUPERAR". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Yacimientos e ingeniería (Ingenieros de Petroleos) de las reservas a recuperar del pozo en estudio ya sea en estado activo o las

8/10

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.



INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES

CODIGO
VPR-VPR-F-XXX

Elaborado
01/06/2015

Versión: 1

reservas a recuperar por un trabajo propuesto de Work Over. Se recomienda la valoración con respecto al promedio de reservas recuperadas en un proyecto de Work Over del área para el caso de la Gerencia de Mares así:

MAYOR A 20KBLS

MENOR A 20KBL

De igual forma, en la casilla "COSTO DE LA ALTERNATIVA", se debe informar el costo propuesto por Yacimientos e ingeniería de la alternativa que existe para incrementar reservas en el pozo del estudio. Únicamente teniendo en cuenta los trabajos de subsuelo.

Nota: El valor del costo de la alternativa se debe diferenciar al costo asumido en el Factor Mecánico de Fondo. En caso que este costo se tenga en cuenta en el Factor "Reservas a Recuperar" se debe informar.

6.2 Criterio "LIFTING COST". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Yacimientos e ingeniería (Ingenieros de Petroleos) del costo de levantamiento del campo de estudio respecto al costo de levantamiento del área o campos vecinos. Este puede valorarse como:




MENOR AL PROMEDIO

MAYOR AL PROMEDIO

6.3 Criterio "VPN". En la casilla "VALORACIÓN", se debe colocar el concepto que tiene el funcionario de Yacimientos e ingeniería (Ingenieros de Petroleos) del Valor Presente Neto referente a algún tipo de intervención a nivel de subsuelo, que permita incrementar las reservas del pozo en estudio. Esta valoración, puede ser Negativa o Positiva.

Este criterio no cuenta con casilla de costo,

7. Resultado del Instructivo. Una vez diligenciado el formato de evaluación, se define un ranking en donde según el resultado arrojado por cada pozo, se generará una recomendación de la acción a seguir sobre este.

	INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS POZOS PRODUCTORES DE CRUDO		
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MARES		
	CODIGO VPR-VPR-F-XXX	Elaborado 01/06/2015	Versión: 1

VALORACIÓN FINAL %	RECOMENDACIÓN
100 A 37	POZO PARA ABANDONO DEFINITIVO
37 A 15	POZO PARA CONSIDERAR SU ABANDONO. ALTO RIESGO
15 A 5	POZO PARA EVALUAR FINANCIERAMENTE SU CONTINUIDAD
5 A 0	POZO PARA CONTINUIDAD OPERATIVA

8. **Evaluación Financiera.** Con los valores registrados en la valoración del costo, se determinará un VPN final con el formato VPR-VPR-F-011de Ecopetrol, el cual generará una recomendación financiera final de los pozos en estudio.

5. CONTINGENCIAS

En caso que no se tenga información del área, se deben realizar analogía con campos aledaños que tengan la información

RELACIÓN DE VERSIONES

Documento Anterior			
Versión	Fecha	Antiguo Código y Título	Cambios
N/A	N/A	N/A	N/A
Documento Nuevo			
Versión	Fecha	Cambios	
1	01/06/2015	N/A	

0 para procesos no intervenidos

Versión	Fecha	Cambios
N/A	N/A	N/A



Para mayor información sobre este documento dirigirse a quien lo elaboró, en nombre de la dependencia responsable:

Elaboró: **William Alberto Páez Crespo**

Teléfono: 311 222 33 72

Buzón: william.paez@ecopetrol.com.co

Dependencia: PIM

10/10

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.