

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y
PETRÓLEOS**

**ANÁLISIS DE RIESGOS COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN
PARA PREVENIR PROBLEMAS OPERACIONALES EN LA
PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN 12 ¼" DEL BLOQUE 43
PLATAFORMA TIPUTINI C**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN
GESTIÓN PARA LA EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO**

ING. SANTIAGO JAVIER LARA ARIAS
(santilara1@hotmail.com)

DIRECTOR: Msc. RAÚL ARMANDO VALENCIA TAPIA
(raul.valencia@epn.edu.ec)

Quito, febrero 2019

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor SANTIAGO JAVIER LARA ARIAS bajo mi supervisión.

Msc. Raúl Valencia T.
DIRECTOR DEL TRABAJO

DECLARACIÓN

Yo, Santiago Javier Lara Arias, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación personal; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Santiago Javier Lara Arias

DEDICATORIA

A mis padres Sonia y Santiago por estar siempre a mi lado, quienes con cariño han sabido motivarme a seguir alcanzando mis metas.

A mi esposa Jackie por el amor, apoyo y motivación que me da día a día

A mi hermano Andrés por estar incondicionalmente en todo momento.

Santiago Javier Lara Arias

AGRADECIMIENTOS

A Dios por llenarme de bendiciones y ser quién guía mi camino.

A mi madre Sonia y mi esposa Jackie quienes me motivaron para culminar con esta nueva etapa de estudio.

A Petroamazonas EP por facilitar los datos técnicos que han permitido desarrollar este proyecto.

AL Msc. Raúl Valencia por su contribución como director de tesis para la realización de este proyecto.

Santiago Javier Lara Arias

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
DECLARACIÓN.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ANEXOS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ALCANCE	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 METODOLOGÍA	3
2.METODOLOGÍA.....	5
2.1 ANÁLISIS DE RIESGOS Y CONCEPTOS BÁSICOS.....	5
2.1.1 Componentes que definen un riesgo	5
2.1.2 Gestión de Riesgos	8
2.1.3 Análisis de Riesgos	9
2.1.4 Evaluación de Riesgos	9
2.1.5 Control de Riesgos	10
2.2 MÉTODO DE MOSLER.....	10
2.2.1 Definición del Riesgo	10

2.2.2	Análisis de Riesgos	10
2.2.3	Evaluación del riesgo.....	13
2.2.4	Clasificación del riesgo	14
2.3	DEFINICIÓN DE MATRIZ DE RIESGOS.....	15
2.3.1	Elementos de la matriz de riesgos.....	15
2.3.2	Características de una matriz de riesgos.....	15
2.4	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS OPERACIONALES EN LA SECCIÓN 12¼" EN LA PLATAFORMA TIPUTINI C	15
2.5	EVALUACIÓN DE LOS PROBLEMAS OPERACIONALES.....	28
2.6	CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	30
2.7	ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS DE CONTROL	32
2.7.1	Restricciones en viaje / Limpieza inadecuada del pozo.....	32
2.7.2	Restricciones en viaje / Acuñaamiento de cortes	33
2.7.3	Empaquetamiento / Pérdida de circulación	33
2.7.4	Restricciones al bajar casing / Limpieza inadecuada del pozo.....	34
2.7.5	Taponamiento de flow line por inadecuada limpieza	35
2.7.6	Pega diferencial.....	35
2.7.7	Pega mecánica.....	36
2.7.8	Inestabilidad del Hueco	37
2.7.9	Alto torque / Altos niveles de Stick&Slip y vibraciones	37
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1	MATRIZ DE RIESGOS.....	39
3.2	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PROBLEMAS OPERACIONALES EN LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN DE 12 1/4".....	39
3.3	CUADRO DE ANÁLISIS Y CONTROL DE RIESGOS.....	43
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49
6.	ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de gestión de riesgos.....	9
Figura 2.2 Inestabilidad del Hueco.....	16
Figura 2.3 Broca Embolada	16
Figura 2.4 Hinchamiento de arcillas	17
Figura 2.5 Taponamiento de flow line.....	17
Figura 2.6 Pega Diferencial.....	18
Figura 2.7 Pega Mecánica.....	18
Figura 2.8 Pérdida de circulación.....	19
Figura 2.9 Tipos de Vibraciones.....	20
Figura 2.10 Empaquetamiento.....	20
Figura 2.11 Limpieza inadecuada del pozo.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Criterio de función.....	11
Tabla 2.2 Criterio de sustitución.....	11
Tabla 2.3 Criterio de profundidad.....	12
Tabla 2.4 Criterio de extensión.....	12
Tabla 2.5 Criterio de agresión.....	13
Tabla 2.6 Criterio de Vulnerabilidad.....	13
Tabla 2.7 Clasificación del riesgo.....	14
Tabla 2.8 Principales problemas operacionales asociados a la perforación de la sección de 12 ¼”.....	24
Tabla 2.9 Resumen de problemas	27
Tabla 2.10 Análisis de problemas	29
Tabla 2.11 Evaluación de problemas	30
Tabla 2.12 Valoración del riesgo.....	30
Tabla 2.13 Clasificación del riesgo.....	31
Tabla 3.1 Análisis de problemas establecidas las medidas de control	41
Tabla 3.2 Evaluación de problemas establecidas las medidas de control	42
Tabla 3.3 Valoración del riesgo establecidas las medidas de control	42
Tabla 3.4 Clasificación del riesgo establecidas las medidas de control.....	43
Tabla 3.5 Cuadro de Análisis & Control de Riesgos.....	44

ANEXOS

Anexo 1. Frecuencia General de Problemas Operacionales.....	52
Anexo 2. Severidad General de Problemas Operacionales.....	53

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de realizar un análisis de riesgos para prevenir problemas operacionales en la perforación de la sección 12 ¼" del Bloque 43 plataforma Tiputini C.

Para realizarlo se aplicó el Método de Mosler identificando los problemas operacionales que se presentaron durante la perforación de 22 pozos en la Plataforma Tiputini C por Petroamazonas EP en los años 2016 y 2017. Después de realizar un análisis de cada uno de los problemas operacionales se procedió a evaluarlos con el fin de determinar el nivel de riesgo inicial, lo que permitió establecer qué medidas de control y medidas preventivas se puede aplicar a cada problema operacional con el fin de poder prevenirlos (disminuir la probabilidad) y/o reducirlos (disminuir el carácter de riesgo o severidad) y con su aplicación se determinó el nivel de riesgo residual.

Los resultados del análisis se presentaron en un cuadro de Análisis y Control de Riesgos el mismo que servirá como una herramienta de gestión para el Departamento de Perforación de Petroamazonas EP en el Campo Tiputini.

El análisis de riesgos aplicado en las operaciones de perforación de la sección de 12 ¼" en la plataforma Tiputini C, permitió disminuir el riesgo inicial promedio de 434.67 puntos a un riesgo residual promedio de 284.33 puntos aplicando medidas de control, minimizando y/o evitando tiempos no productivos.

Palabras clave: Análisis de riesgos, medidas de control, método de Mosler, problemas operacionales, riesgo, severidad.

ABSTRACT

The current job was developed with the objective to perform a risk analysis to prevent operational problems during drilling 12 ¼" section of 43 Block, Tiputini C platform.

In order to carry out this analysis, the Mosler Method was applied, which one identified the operational problems happened during drilling of 22 wells in Tiputini C Platform, manage by Petroamazonas EP in 2016 and 2017.

After performing an analysis of operational problems, each one were evaluated in order to determine the initial risk level, which allowed to establish which control and preventive measures can be applied to each operational problem in order to be able to prevent them (decrease the likelihood) and / or reduce them (decrease the nature of risk or severity) and with their application the level of residual risk was determined.

The results of this analysis were presented in a Risk Analysis and Control Chart, which will serve as a management tool for Petroamazonas EP's Drilling Department in the Tiputini Field.

The risk analysis applied in the drilling operations of the 12 ¼ "section on the Tiputini C platform allowed to reduce the average initial risk from 434.67 points to an average residual risk of 284.33 points by applying control measures, minimizing and / or avoiding non-productive times.

Keywords: Control measures, Mosler method, operational problems, risk, risk analysis severity.

1. INTRODUCCIÓN

El Bloque 43 ITT se ubica en la provincia de Orellana, sus reservas petroleras certificadas ascienden a 1.672 millones de barriles, que equivalen a 41% de las reservas de crudo del país. La plataforma Tiputini C es la primera que entró en fase de producción. (Petroamazonas EP, 2016a).

De acuerdo al diseño de puntos de revestidor implementado para la sección de 12 1/4", se perfora desde 200' por debajo del cuerpo de arenisca al tope de Tiyuyacu hasta 200' antes del tope pronosticado de la Arenisca M1 dentro de la formación Tena, abarcando en la mayoría de pozos dos tercios de la tangente previo a alcanzar el objetivo debido a que son pozos direccionales Tipo J. (Petroamazonas EP, 2016b).

Los pozos perforados en la Plataforma Tiputini C incluyen 15 pozos cuya inclinación se mantiene por debajo de los 60° y cuya relación Vsec/TVD es cercana a 1, 7 pozos que por la necesidad de caracterizar el yacimiento su inclinación supera los 60° y la relación Vsec/TVD es mayor a 1, presentando tasas de construcción altas a profundidades someras y tramos de longitud de entre 5900 pies y 7000 pies a inclinaciones mayores a 50°; por lo que la limpieza del hoyo es un problema en la fase de perforación. (Boas y Almeida, 2017). La no limpieza genera problemas en la sarta de perforación por los elevados ángulos de perforación en la sección de 12 1/4", surgiendo la necesidad de realizar un análisis de riesgos, que permita mitigar problemas que pueden ocasionar la pérdida del pozo.

Los principales problemas operacionales para la perforación de la sección 12 1/4" son empaquetamientos, pega de tubería, altos torques con el uso de herramientas RSS, el efecto de aplastamiento de los cortes de arcilla en la sección tangente dentro de la tubería de revestimiento de 13 3/8", inadecuada limpieza del hoyo, viajes con BHA a superficie utilizando back reaming por hoyo apretado, que pueden ocasionar la pérdida del pozo.

Este trabajo propone evaluar los riesgos durante la perforación de la sección 12 1/4" en la Plataforma Tiputini C y determinar las medidas de control adecuadas que permitan minimizar y/o evitar tiempos no productivos, mediante la elaboración de una matriz de riesgos y su posterior aplicación en las siguientes plataformas a perforar en el Bloque 43 campo Tiputini.

El Análisis de Riesgo, algunas veces llamado 'Análisis para Toma de Decisiones', es la disciplina para ayudar a los "tomadores de decisiones" a seleccionar opciones óptimas que permitan evitar tiempos no productivos. (Yáñez M. et al., 2003).

La gestión de riesgos, según Bravo y Sánchez (2006), "es el proceso mediante el cual se identifican, analizan, evalúan, tratan, monitorean y comunican los riesgos generados en una actividad o proceso, de tal forma que le sea posible a las empresas minimizar las pérdidas y maximizar las oportunidades".

Lledó y Rivarola (2007) indican que para gestionar un riesgo se debe realizar un análisis cualitativo definiendo la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto, y que sobre este análisis cualitativo se puede realizar uno cuantitativo colocando una valoración numérica a la probabilidad de ocurrencia y al impacto.

1.1 Alcance

Se analizaron los problemas operacionales que se presentaron en el interior del hoyo durante la perforación de los 22 pozos en la Plataforma Tiputini C por Petroamazonas EP en el 2016 y 2017.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar los problemas operacionales durante la perforación de la sección de 12 ¼" que permitan establecer medidas de control acertadas para prevenir futuros problemas en la Plataforma Tiputini C, Bloque 43.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los principales problemas operacionales durante la perforación de la sección de 12 ¼".
- Evaluar los problemas operacionales de acuerdo a la probabilidad y severidad de ocurrencia.
- Determinar los niveles de riesgos.

- Establecer medidas de control para reducir la probabilidad y la severidad de los riesgos iniciales.
- Determinar los niveles de riesgos residuales.

1.3 Metodología

En la industria petrolera actualmente se promueven iniciativas y esfuerzos orientados a tomar en cuenta los análisis de riesgos de las actividades de perforación. Se hace necesario identificar, caracterizar y cuantificar los riesgos en la toma de decisiones. (Vilchez, 2007).

El objetivo de la evaluación de los riesgos es valorar cada uno de los riesgos identificados de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y con el impacto que pudieran tener sobre el cumplimiento de los objetivos. (Bravo y Sánchez, 2006).

Identificados y evaluados los riesgos se procede a su estudio (por riesgo específico) con el fin de determinar qué acciones deben tomarse con el fin de prevenirlos (disminuir la frecuencia) y/o reducirlos (disminuir la severidad). (Mirabal, 1997).

Según lo expuesto, para el desarrollo de este trabajo se utilizó el Método de Mosler, uno de los más utilizados en el análisis de riesgos cuyo objeto es la identificación, análisis y evaluación de los factores que pueden influir en que un riesgo llegue a manifestarse. (Navarro, 2013).

Se recopiló la información detallada de los pozos perforados en la plataforma Tiputini C en el período 2016 – 2017.

Se identificaron los principales problemas operacionales asociados a la perforación de la sección de 12 ¼", mediante el análisis de los programas de perforación que permitirán realizar una descripción detallada de cada una de las operaciones.

Se evaluaron los problemas operacionales de acuerdo a la probabilidad y severidad de ocurrencia.

Se determinaron los niveles de riesgos iniciales.

Se realizó un análisis y descripción detallada de los riesgos encontrados.

Se establecieron medidas de control que permiten reducir la probabilidad y la severidad inicial a una probabilidad y severidad residual.

Se realizó un cuadro de Análisis y Control de Riesgos.

2. METODOLOGÍA

ESTUDIO DE PROBLEMAS OPERACIONALES EN LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN 12 ¼”

Previo la descripción de la metodología para la elaboración de un análisis de riesgos, es necesario la definición de conceptos básicos.

2.1 Análisis de riesgos y conceptos básicos

2.1.1 Componentes que definen un riesgo

Peligro

Fuente de un daño potencial, un peligro puede ser una fuente de riesgo (ISO Guía 73, 2009).

Fuente, situación o acto con potencial para causar daño en término de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de estos (ISO 45001, 2016).

Es una condición potencial de causar daño a las personas, daño a la propiedad o al ambiente, y/o impactar adversamente o interrumpir el flujo normal de las operaciones (Villarreal, 2017).

Daño o impacto

- Daño.- es toda variación que le supone a un bien, una disminución del valor o el precio del que era objeto (Moreno, 2016).
- Impacto.- es una consecuencia negativa producida por la materialización de una amenaza sobre uno o varios activos (Moreno, 2016).

Amenazas

Circunstancia desfavorable que puede ocurrir y que cuando sucede tiene consecuencias negativas sobre los activos provocando su indisponibilidad, funcionamiento incorrecto o pérdida de valor (INCIBE, 2014).

Es toda causa previsible de daño a las personas o a los bienes, pueden ser de origen: mecánico (falla en el motor de fondo del BHA), tecnológico (falla del software de la herramienta), naturales (Formaciones inestables).

Entorno

Es donde el activo y el daño se relacionan para que exista la amenaza, el entorno a prevenir problemas operacionales en la perforación de la sección 12 ¼" del bloque 43, es los pozos de la plataforma Tiputini C.

Riesgo

Efecto de la incertidumbre sobre la consecución de los objetivos. Un efecto es una desviación positiva y/o negativa, respecto a lo previsto. Los objetivos pueden tener diferentes aspectos (tales como, financieros, de salud y seguridad, o ambientales) y se pueden aplicar a diferentes niveles (tales como, nivel estratégico, nivel de un proyecto, de un producto, de un proceso o de una organización completa). A menudo, el riesgo se caracteriza por referencia a sucesos potenciales y a sus consecuencias, o a una combinación de ambos (ISO Guía 73, 2009).

Se define como la combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición (ISO 45001, 2016).

Riesgo operacional durante una perforación es un evento o condición incierta que, si se produce, tiene un efecto negativo o positivo sobre al menos uno de los objetivos de la operación, como el tiempo, costo, alcance; sobre un riesgo operacional se pueden adoptar opciones preventivas o curativas, y en función del momento que se tomen estas acciones, podrán provocar mayor o menor impacto en los resultados (Martines, 2002).

Las operaciones de perforación se desarrollan en términos de incertidumbre, siendo por tanto el riesgo una característica inherente a la misma, que debe ser abordado de una forma sistemática para evitar se suponga una pérdida operacional durante la perforación que se esté realizando o se proyecte, para que puedan ser realizadas con garantías de éxito (Martines, 2002).

Incertidumbre

Es el estado de deficiencia en la información relativa a la comprensión o al conocimiento de un suceso, de sus consecuencias o de su probabilidad (ISO Guía 73, 2009).

Accidente

Evento no deseado que da lugar a muerte, enfermedad, lesión, daño u otra pérdida. (ISO 45001, 2016)

Incidente

Sucesos que surgen del trabajo o en el transcurso del trabajo que podrían tener o tienen como resultado daños y deterioro de la salud (ISO 45001, 2016)

Factores de Riesgo

Es un fenómeno, elemento o acción que implica la capacidad potencial de causar un daño en la salud de los trabajadores, en máquinas, equipos, las instalaciones (ISO 45001, 2016).

Los principales factores de riesgo son:

- Físicos
- Químicos
- Biológicos
- De seguridad
- Biomecánicos
- Psicosociales
- Saneamiento

Acción Subestandar

Todo acto u omisión del trabajador que lo desvía de un procedimiento o de la manera aceptada como correcta para efectuar una tarea (Guerrero, 2012).

Condición Subestandar

Es la presencia de riesgo en el ambiente de trabajo derivada de las instalaciones, equipo o proceso de trabajo. No depende del trabajador (Guerrero, 2012).

Probabilidad

Es la posibilidad de que algún hecho se produzca, que esta posibilidad está definida, medida o determinada objetiva o subjetivamente, cualitativa o cuantitativamente (ISO Guía 73, 2009).

Consecuencia

Una consecuencia puede ser cierta o incierta y puede tener efectos positivos o negativos sobre la consecución de los objetivos, las consecuencias se pueden expresar de forma cualitativa o cuantitativa (ISO Guía 73, 2009).

2.1.2 Gestión de Riesgos

Las organizaciones pueden fijar o mantener sus niveles de riesgo dentro de un nivel deseable o tolerable al menor costo posible. Al respecto, Mirabal (1997) manifiesta que "la gestión riesgos es la disciplina gerencial que tiene como objetivo principal la búsqueda, mediante un proceso lógico, del óptimo manejo técnico-financiero de los riesgos, utilizando como criterio principal para la toma de decisiones el del "Costo-Beneficio".

Otra definición es la expresada por Bravo y Sánchez (2006), "la gestión de riesgos es el proceso mediante el cual se identifican, analizan, evalúan, tratan, monitorean y comunican los riesgos generales en una actividad o proceso, de tal forma que le sea posible a las empresas minimizar las pérdidas y maximizar las oportunidades". En la figura 2.1 se puede visualizar el diagrama de gestión de riesgos.

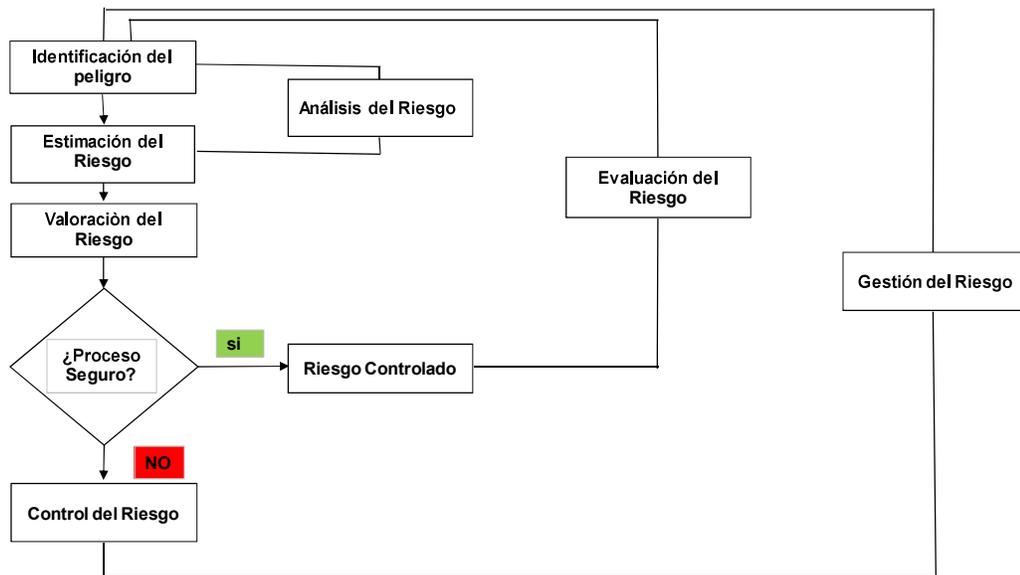


Figura 2.1. Diagrama de Gestión de Riesgos

Fuente: Flores, 2003

2.1.3 Análisis de Riesgos

Es el proceso formal que se realiza durante la operación, mediante el cual se identifican los factores de riesgo, se analizan y evalúan sus efectos y se definen las acciones a seguir frente a los mismos, con el fin de disponer de una actuación planificada con vistas a minimizarlos (Flores, 2003).

Se deberá estimar el riesgo relativo que implica la amenaza en función de la probabilidad de su manifestación y la magnitud de sus consecuencias, es decir se estima el nivel de un riesgo respecto a los demás riesgos previamente analizados de forma cualitativa.

2.1.4 Evaluación de Riesgos

Proceso de evaluar el riesgo o riesgos que surgen de uno o varios peligros, teniendo en cuenta lo adecuado de los controles existentes, y decidir si el riesgo o riesgos son o no aceptables (Villarreal, 2017).

2.1.5 Control de Riesgos

Es el proceso de toma de decisiones basadas en la información obtenida en la evaluación de riesgos. Se orienta a reducir los riesgos a través de la propuesta de medidas correctivas y la exigencia de su cumplimiento (Moreno, 2016).

2.2 Método de Mosler

El Método de Mosler tiene por finalidad la identificación, análisis y evaluación de los factores que pueden influir en la manifestación y materialización de riesgos o amenazas, y con la información obtenida se puede evaluar la clase y la dimensión de ese riesgo para cuantificarlo, contrarrestarlo, o asumirlo.

El método tiene cuatro fases y es de tipo secuencial, apoyándose cada una de las fases en los datos obtenidos en la fase que le precede.

El desarrollo del mismo consta de (Gómez, 1998):

- Definición del riesgo.
- Análisis del riesgo
- Evaluación del riesgo
- Clasificación del riesgo.

2.2.1 Definición del Riesgo

Esta fase tiene por objeto la identificación del riesgo, delimitando su objeto y alcance para diferenciarlo de otros riesgos. El procedimiento a seguir es mediante la identificación de sus elementos característicos tales como el bien y el daño (Galaviz et al., 2013).

2.2.2 Análisis de Riesgos

Se utiliza para este análisis una serie de coeficientes (criterios). Las variables identificadas son:

“F” Criterio de función

Que mide la consecuencia negativa o daño que pueda alterar la actividad y cuya consecuencia tiene un puntaje asociado, del 1 al 5, que va desde “Muy levemente” a “Muy gravemente”, como muestra la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Criterio de función.

CONSECUENCIA	CRITERIO
MUY GRAVEMENTE	5
GRAVEMENTE	4
MEDIANAMENTE	3
LEVEMENTE	2
MUY LEVEMENTE	1

Fuente: (González, 2015)

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

“S” Criterio de sustitución

Que mide con qué facilidad pueden reponerse los bienes en caso que se produzcan alguno de los riesgos y cuya consecuencia tiene un puntaje asociado, del 1 al 5, que va desde “Muy fácilmente” a “Muy difícilmente”, como muestra la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Criterio de sustitución.

CONSECUENCIA	CRITERIO
MUY DIFÍCILMENTE	5
DIFÍCILMENTE	4
SIN MUCHAS DIFICULTADES	3
FÁCILMENTE	2
MUY FACILMENTE	1

Fuente: (González, 2015)

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

“P” Criterio de profundidad

Que mide la perturbación y efectos psicológicos en función de que alguno de los riesgos se haga presente y cuya consecuencia tiene un puntaje asociado del 1 al 5, que va desde “Muy leve” a “Muy grave”, como muestra la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Criterio de profundidad

CONSECUENCIA	CRITERIO
PERTURBACIONES MUY GRAVES	5
PERTURBACIONES GRAVES	4
PERTURBACIONES LIMITADAS	3
PERTURBACIONES LEVES	2
PERTURBACIONES MUY LEVES	1

Fuente: (González, 2015)

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

“E” Criterio de extensión

Que mide el alcance de los daños, en caso de que se produzca un riesgo a nivel geográfico y cuya consecuencia tiene un puntaje asociado, del 1 al 5, que va desde “Individual” a “Internacional”, como muestra la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Criterio de extensión

CONSECUENCIA	CRITERIO
ALCANCE INTERNACIONAL	5
CARÁCTER NACIONAL	4
CARÁCTER REGIONAL	3
CARÁCTER LOCAL	2
CARÁCTER INDIVIDUAL	1

Fuente: (González, 2015)

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

“A” Criterio de agresión

Que mide la probabilidad de que el riesgo se manifieste y cuya consecuencia tiene un puntaje asociado, del 1 al 5, que va desde “Muy baja” a “Muy alta”, como muestra la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Criterio de agresión

CONSECUENCIA	CRITERIO
MUY ALTA	5
ALTA	4
NORMAL	3
BAJA	2
MUY BAJA	1

Fuente: (González, 2015)

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

“V” Criterio de vulnerabilidad

Que mide y analiza la posibilidad de que, dado el riesgo, efectivamente tenga un daño y cuya consecuencia tiene un puntaje asociado, del 1 al 5, que va desde “Muy baja” a “Muy alta”, como muestra la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Criterio de vulnerabilidad.

CONSECUENCIA	CRITERIO
MUY ALTA	5
ALTA	4
NORMAL	3
BAJA	2
MUY BAJA	1

Fuente: (González, 2015)

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

2.2.3 Evaluación del riesgo

Tiene por objeto cuantificar el riesgo considerado (ER) (Navarro, 2013).

- Cálculo del carácter del riesgo “C”.

$$C = I + D \quad (1)$$

$$I = \text{Importancia del suceso} = \text{Función (F)} \times \text{Sustitución (S)} \quad (2)$$

$$D = \text{Daños ocasionados} = \text{Profundidad (P)} \times \text{Extensión (E)} \quad (3)$$

- Cálculo de la probabilidad “Pb”.

$$Pb = \text{Agresión (A)} \times \text{Vulnerabilidad (V)} \quad (4)$$

- Cuantificación del riesgo considerado “ER”.

$$ER = \text{Carácter (C)} \times \text{Probabilidad (Pb)}$$

$$ER = C \times Pb \quad (5)$$

2.2.4 Clasificación del riesgo

Esta fase tiene por objeto clasificar el riesgo en función del valor obtenido en la evaluación del mismo. Dicho valor estará comprendido entre 2 y 1250, como se muestra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Clasificación del riesgo

		CARÁCTER DE RIESGO				
		10	20	30	40	50
PROBABILIDAD	5	50	100	150	200	250
	10	100	200	300	400	500
	15	150	300	450	600	750
	20	200	400	600	800	1000
	25	250	500	750	1000	1250

ESCALA DE RIESGO	
2-250	MUY BAJO
251-500	BAJO
501-750	NORMAL
751-1000	ELEVADO
1001-1250	MUY ELEVADO

Fuente: (Galaviz et al., 2013).

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

2.3 Definición de matriz de riesgos

Herramienta que permite clasificar y visualizar los riesgos, mediante la definición de categorías de consecuencias y de su probabilidad (ISO Guía 73, 2009).

2.3.1 Elementos de la matriz de riesgos

Los elementos básicos de una matriz de riesgos, se van definiendo en base a la actividad llamada “identificación de peligros” que reviste cada proceso y la “evaluación de los riesgos” que revisten cada uno de ellos dentro de la empresa. (ISO Tools, 2015)

2.3.2 Características de una matriz de riesgos

Con el fin de garantizar su eficacia y utilidad, una matriz de riesgo debe tener las siguientes características (ISO Tools, 2015):

- Debe ser flexible.
- Sencilla de elaborar y consultar.
- Que permita realizar un diagnóstico objetivo de la totalidad de los factores de riesgo.
- Ser capaz de comparar proyectos, áreas y actividades.

2.4 Identificación de problemas operacionales en la sección 12¼” en la plataforma Tiputini C

La perforación de un pozo siempre involucra problemas operacionales, los más frecuentes son descritos brevemente a continuación:

Inestabilidad del Hueco

La inestabilidad de las paredes del hueco puede ocasionar derrumbes por (ver figura 2.2):

- Lutitas reactivas.
- Lutitas presurizadas.
- Formaciones fracturadas y falladas.

- Formaciones no consolidadas (MiSwaco, 2001).



Figura 2.2. Inestabilidad del Hueco

Fuente: MiSwaco, 2001

Broca Embolada

Ocurre cuando los cortes y ripios de perforación se adhieren y acumulan en la estructura de corte de la broca. Esto impide que la broca corte la formación atravesada con efectividad y presente una reducción total o parcial de la ROP, durante los viajes de calibre puede ocasionar problemas para sacar la sarta de perforación a superficie (Heras, 2013); ver figura 2.3.



Figura 2.3. Broca Embolada

Fuente: Santiago Lara, 2018

Restricciones en los viajes

Ocurre por el hinchamiento de arcillas, lo cual provoca un diámetro menor del hueco perforado dando origen a puntos de arrastre y de apoyo que dificultan los viajes de calibración (MiSwaco, 2001); ver figura 2.4.

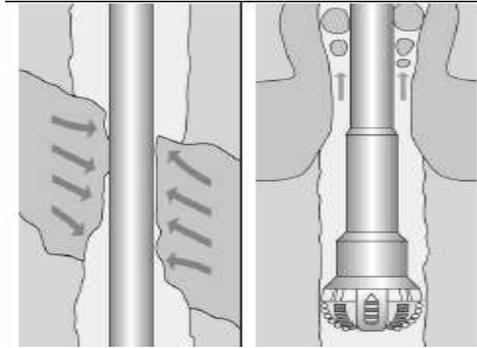


Figura 2.4. Hinchamiento de arcillas

Fuente: MiSwaco, 2001

Taponamiento del Flow Line

Ocurre por una inadecuada inhibición de las arcillas lo cual provoca la formación de gumbos que al salir a superficie producen taponamiento del flow line; ver figura 2.5.



Figura 2.5. Taponamiento de flow line.

Fuente: Santiago Lara, 2018

Pega Diferencial

Condición mediante la cual el ensamblaje de fondo se encuentra pegado debido a un diferencial de presión entre la columna de lodo y la formación. En este caso la presión hidrostática de la columna del lodo es mucho mayor a la presión de la formación, cuando

nos encontramos atravesando una formación porosa y permeable (Instituto Técnico del Petróleo, 2012); ver figura 2.6.

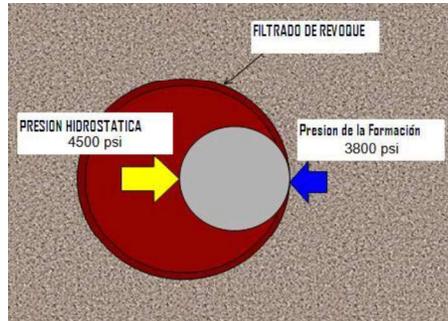


Figura 2.6. Pega Diferencial

Fuente: <https://perfoblogger.wordpress.com>

Pega Mecánica

Es causada por una obstrucción física, ocurre generalmente durante el movimiento de la sarta de perforación. Durante la pega se puede observar una cantidad limitada de movimiento ascendente/descendente (Instituto Técnico del Petróleo, 2012); ver figura 2.7.

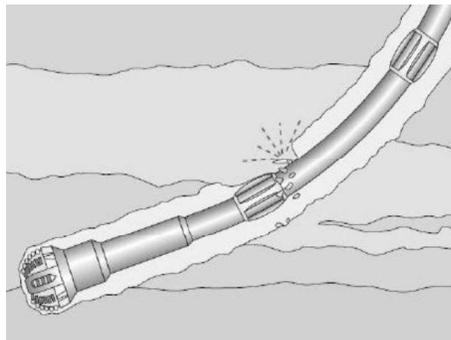


Figura 2.7. Pega Mecánica.

Fuente: MiSwaco, 2001

Pérdida de Circulación

La pérdida de circulación o pérdida de retornos describe la pérdida total o parcial del fluido en la formación como resultado de una excesiva presión hidrostática. La pérdida de

circulación se caracteriza por una reducción en el volumen de fluido que retorna del pozo en comparación con el volumen bombeado pozo abajo (MiSwaco, 2001); ver figura 2.8.

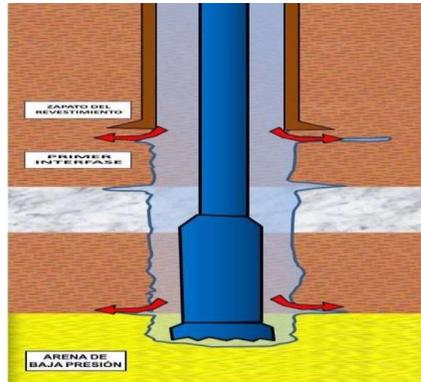


Figura 2.8. Pérdida de circulación

Fuente: <https://perforblogger.wordpress.com>

Altos Niveles de Stick & Slip

Las vibraciones en la sarta de perforación en el pozo pueden ocasionar desgaste prematuro y hasta fallas en la tubería y en la broca, pueden ser especialmente dañinas en situaciones difíciles de perforación (formaciones duras, pozos con cambio severo de ángulo), provocan un torque errático y bajas ROP.

Se reconocen tres tipos principales de vibraciones en la sarta de perforación (Datalog, 2015); ver figura 2.9.

- Vibración Torsional. - Rotación variable en la tubería, torque y RPM.
- Vibración Axial. - Hacia arriba y hacia abajo, rebotes de la broca.
- Vibración Lateral. - Rotación descentrada, vibración lado a lado.

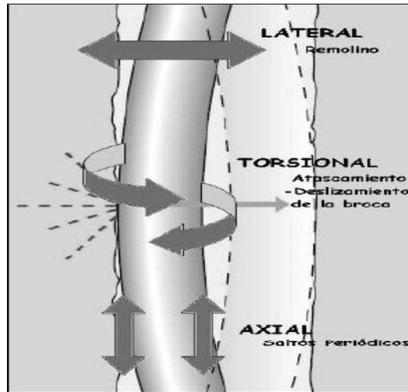


Figura 2.9. Tipos de Vibraciones

Fuente: MiSwaco, 2001

Empaquetamiento

Ocurre cuando partículas pequeñas de formación caen dentro del pozo, asentándose y llenando el anular alrededor de la sarta de perforación, especialmente en drill collars o herramientas de diámetro cercano al del pozo, este problema es provocado por una mala limpieza del hueco perforado (Datalog, 2015); ver figura 2.10.

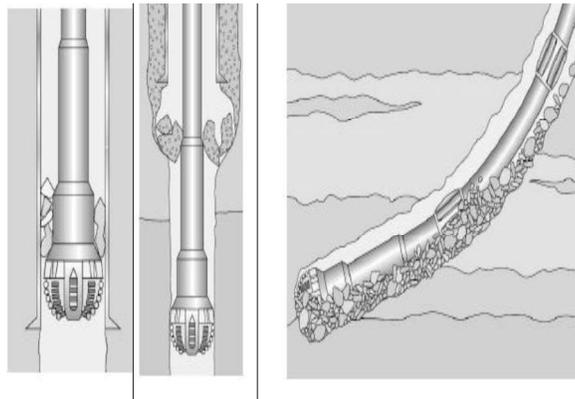


Figura 2.10. Empaquetamiento

Fuente: MiSwaco, 2001

Acuñamiento de Cortes en Hueco Entubado

Ocurre cuando existe una mala limpieza del hueco perforado, los cortes producto de la perforación no son sacados a superficie, quedándose en la cara baja de la sarta de perforación, este tipo de problemas se presenta principalmente en pozo de alto ángulo.

Inadecuada Limpieza del pozo

La limpieza en el pozo es fundamental en el proceso de perforación para permitir la remoción de los cortes que la broca va desprendiendo y además de los derrumbes que se pueden ocasionar. La inadecuada limpieza del pozo puede causar la pega de la sarta de perforación por empaquetamiento en el espacio anular (ver figura 2.11). Entre los parámetros que afectan la limpieza del pozo se tiene (MISwaco, 2001):

- Perfil y geometría del pozo.
- Ángulo del pozo (inclinación) y patas de perro.
- Diámetro de la tubería de revestimiento/pozo y de la tubería de perforación.
- Excentricidad de la columna de perforación.
- Características de los recortes y de las camas de los recortes.
- Gravedad específica.
- Tamaño y forma de las partículas.
- Reactividad con el lodo.
- Propiedades del lodo.
- Características del flujo.
- Velocidad anular.
- Perfil de velocidad anular.

- Régimen de flujo.
- Propiedades del lodo.
- Peso del lodo.
- Viscosidad, especialmente a muy bajas velocidades de corte.
- Esfuerzos de gel.
- Capacidad de inhibición.
- Parámetros de Perforación.
- Tipo de broca.
- Velocidad de penetración.
- Presión diferencial.
- Revoluciones por minuto (RPM).

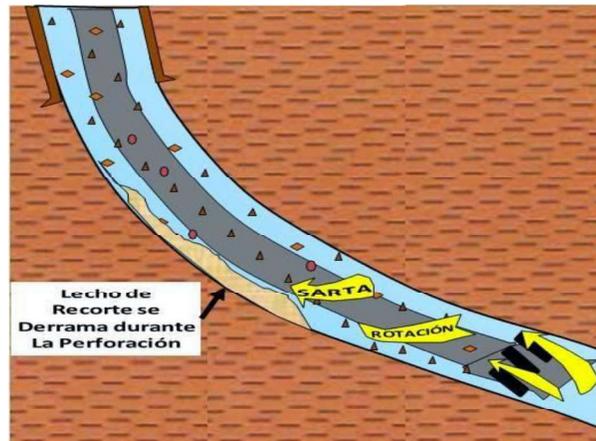


Figura 2.11. Limpieza inadecuada del pozo

Fuente: <https://perfoblogger.wordpress.com>

La identificación de riesgos se debe realizar al interior ya sea de cada una de las áreas operativas y de soporte de la empresa, o del equipo del proyecto, esta identificación se realiza analizando eventos que podrían afectar el cumplimiento de los objetivos específicos del área (Bravo y Sánchez, 2006).

Así como hay múltiples metodologías para gestionar el riesgo, también hay métodos para el análisis y evaluación del mismo. Por lo anterior, es importante entender que la gestión de riesgos permite utilizar diversos métodos de análisis y evaluación de riesgos según la comodidad del analista (Villarreal 2017).

Dentro de las metodologías de evaluación de riesgos operativos el método de Mosler tiene bases sólidas, su finalidad es que la información obtenida sea fácil de manipular para gestionar el riesgo operacional y por ende permita calcular la clase y dimensión del riesgo (López et al., 2017).

Para este estudio se utilizó el Método de Mosler ya que es un método semi-cuantitativo de tipo secuencial, estos métodos son un híbrido entre los cualitativos y cuantitativos, es un método completo y fácil de aplicar ya que permite identificar, analizar y evaluar los factores que pueden influir en la manifestación de un riesgo, basando su elaboración en la experiencia adquirida durante la perforación de pozos en el Bloque 43 plataforma Tiputini C.

Como primera fase del Método de Mosler, se analizó los reportes diarios de los 22 pozos perforados en la plataforma Tiputini C en el período 2016 -2017, identificando los principales problemas operacionales asociados a la perforación de la sección de 12 ¼” en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Principales problemas operacionales en la perforación de la sección de 12 ¼”

POZO	PROFUNDIDAD	FORMACIÓN	ÁNGULO	TIPO DE BHA	PROBLEMA	NPT (HORAS)
TPTC-002	3200 FT - 3475FT	ORTEGUAZA	0°	DIRECCIONAL CON MOTOR	INESTABILIDAD DEL HUECO	5,5
TPTC-002	3475FT - 3569FT	TIYUYACU	0°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	1
TPTC-003	2886FT - 4071FT	ORTEGUAZA - TIYUYACU	24,5°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	1,5
TPTC-004	4539FT	TIYUYACU	50,59°	DIRECCIONAL CON RSS	TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA	3
TPTC-004	4351FT - 5104FT	ORTEGUAZA TIYUYACU	50°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	4,5
TPTC-005	4365FT - 3030FT	ORTEGUAZA TIYUYACU	54,65°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	1
TPTC-005	2530FT - 2748FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	48,70°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	1
TPTC-005	5942FT - 5675FT	TIYUYACU	38,65°	CONVENCIONAL	ALTO TORQUE / ALTOS NIVELES DE STICK/SLIP Y VIBRACIONES	3
TPTC-005	4605FT	TIYUYACU	54,65°	CONVENCIONAL	PEGA DIFERENCIAL	10,5
TPTC-008	1121FT - 1505FT	CHALCANA	14°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	1,5
TPTC-010	3935FT - 2708FT	TIYUYACU	31,7°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	4,5
TPTC-011	3730FT	ORTEGUAZA	50,55°	DIRECCIONAL CON MOTOR	EMPAQUETAMIENTO/ PERDIDA DE CIRCULACION	2
TPTC-011	2168FT	CHALCANA	35,6°	DIRECCIONAL CON MOTOR	EMPAQUETAMIENTO/ PERDIDA DE CIRCULACION/SIDE TRACK	128

Continuación de la Tabla 2.8.

POZO	PROFUNDIDAD	FORMACIÓN	ANGULO	TIPO DE BHA	PROBLEMA	NPT (HORAS)
TPTC-015	5775FT-6244FT	TIYUYACU - TENA	60,99°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	2
TPTC-015	4732FT - 5587FT	TIYUYACU	60,99°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	2
TPTC-016	4875FT	TIYUYACU	55,85°	DIRECCIONAL CON MOTOR	PEGA MECANICA	7
TPTC-026	5310FT - 5142FT	TIYUYACU	58,18°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	1,5
TPTC-026	5142FT - 4290FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	58°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	3
TPTC-028	5274FT - 5058FT	TIYUYACU	54,64°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	2,5
TPTC-028	3596FT - 4842FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	54,26°	DIRECCIONAL CON MOTOR	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	2,5
TPTC-032	5650FT	TIYUYACU	67°	DIRECCIONAL CON RSS	TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA	4,5
TPTC-032	7360FT - 5239FT	TIYUYACU - TENA	67°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	8,5
TPTC-032	5239FT - 4277FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	67°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	2
TPTC-034	6135FT - 5263FT	TIYUYACU	73°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	11
TPTC-034	1360FT - 5263FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	73°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	6
TPTC-034	7890FT - 8510FT	TENA	73°		RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	4

Continuación de la Tabla 2.8.

POZO	PROFUNDIDAD	FORMACIÓN	ANGULO	TIPO DE BHA	PROBLEMA	NPT (HORAS)
TPTC-040	7385FT - 5250FT	TIYUYACU	65°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	7,5
TPTC-040	5250FT - 3820FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	65°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	2
TPTC-042	7902T - 5396FT	TIYUYACU - TENA	68°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	6
TPTC-042	5050FT - 5396FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	68°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	3
TPTC-058	6223FT - 4909FT	TIYUYACU	53°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	2
TPTC-060	9210FT - 5980FT	ORTEGUAZA - TIYUYACU - TENA	67°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	11,5
TPTC-060	5447FT - 4573FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	67°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	2,5
TPTC-060	6590FT - 9200FT	TIYUYACU - TENA	67°		RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	10
TPTC-064	5574FT - 6274FT	ORTEGUAZA - TIYUYACU	70°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	11
TPTC-064	5551FT - 3960FT	HOYO ENTUBADO CON CASING DE 13 3/8"	70°	DIRECCIONAL CON RSS	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO / ACUÑAMIENTO DE CORTES	10
TPTC-064	SUPERFICIE - 6274FT	HOYO ENTUBADO - ORTEGUAZA - TIYUYACU	70°	CONVENCIONAL	RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	26,5
TPTC-066	7727FT	TENA	63°	DIRECCIONAL CON RSS	EMPAQUETAMIENTO/ PERDIDA DE CIRCULACION	5,5

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

Tabla 2.9. Resumen de Problemas

PROBLEMAS	NPT	# EVENTOS OCURRIDOS
1. RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	106	16
2. RESTRICCIONES EN VIAJE / ACUÑAMIENTO DE CORTES	32	9
3. EMPAQUETAMIENTO / PERDIDA DE CIRCULACION	135,5	2
4. RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	14	2
5. TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA	7,5	2
6. PEGA DIFERENCIAL	10,5	1
7. PEGA MECANICA	7	1
8. INESTABILIDAD DE HUECO	5,5	1
9. ALTO TORQUE / ALTOS NIVELES DE STICK&SLIP Y VIBRACIONES	3	1

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

En la tabla 2.8 se puede observar que el pozo con el problema operacional con mayor NPT fue el TPTC-011 con 128 horas debido a un empaquetamiento con pérdida de circulación, el mismo que después de realizar todas las maniobras operativas no fue posible recuperarlo y se terminó realizando un side track.

La tabla 2.9 muestra un resumen de los problemas operacionales asociados a la perforación de la sección de 12 ¼" en la plataforma Tiputini C, siendo la Restricciones en el viaje por limpieza inadecuada del pozo el con mayor número de eventos ocurridos, representando el de mayor frecuencia como se grafica en el Anexo 1, mientras que el empaquetamiento con pérdida de circulación se presenta como el problema con mayor NPT, representando el de mayor severidad como se grafica en el Anexo 2.

2.5 Evaluación de los Problemas Operacionales

El objetivo de la evaluación de los riesgos, expresa Bravo y Sánchez (2006) es "valorar cada uno de los riesgos identificados de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y con el impacto que pudieran tener sobre el cumplimiento de los objetivos".

Así mismo, Palacios (2000) manifiesta que la evaluación del riesgo "implica estimar la probabilidad de ocurrencia de los eventos de riesgo identificados y modelar matemáticamente su impacto, generando resultados esperados que permitan analizar la posibilidad que tiene el proyecto de incumplir con el plan".

Adicionalmente, en cuanto a la evaluación de riesgo, Mirabal (1997) manifiesta que "una vez identificado los riesgos éstos deben ser medidos (cuantificados) con el fin de poder conocer su verdadero impacto en la organización". Según el autor, los parámetros de cuantificación del riesgo son dos: la frecuencia y la severidad.

Una vez identificados los principales problemas operacionales asociados a la perforación de la sección de 12 ¼", se continuó con la segunda fase del Método de Mosler, para este análisis se utiliza los coeficientes (criterios) de: función, sustitución, profundidad, extensión, agresión, vulnerabilidad, descritos anteriormente, mediante el cual se obtiene la tabla 2.10. A continuación se procedió a cuantificar los problemas identificados y analizados para la perforación de la sección de 12 ¼" en la plataforma Tiputini C, aplicando la tercera fase del Método de Mosler, cuyo procedimiento fue descrito anteriormente mediante la aplicación de las fórmulas (1), (2), (3), (4), los resultados se muestran en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Evaluación de Problemas

TERCERA FASE - EVALUACION DE PROBLEMAS				
CARÁCTER DE RIESGO "C", $C = I + D$				PROBABILIDAD "P"
I = IMPORTANCIA DEL SUCESO = $F \times S$				$P_b = A \times V$
D = DAÑOS OCASIONALES = $P \times E$				
PROBLEMA	I	D	C	P_b
1	16	12	28	20
2	9	9	18	15
3	25	20	45	20
4	16	9	25	16
5	4	6	10	12
6	25	20	45	15
7	20	20	40	15
8	12	9	21	12
9	6	9	15	9

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

2.6 Clasificación de los Riesgos

Aplicando la cuarta etapa del Método de Mosler mediante la fórmula (5), cuantificaremos el riesgo que presenta cada uno de los problemas detectados en la perforación de la sección 12 ¼" de la plataforma Tiputini C, para de esta manera poder clasificarlos, basado en los cálculos obtenidos en la fase anterior, los resultados se muestran en la tabla 2.12 y la tabla 2.13.

Tabla 2.12. Valoración del riesgo

CUARTA FASE	
PROBLEMA	$ER = C \times P_b$
1	560
2	270
3	900
4	400
5	120
6	675
7	600
8	252
9	135

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

Tabla 2.13. Clasificación del riesgo

PROBLEMA	ANÁLISIS DE PROBLEMAS						EVALUACION DE PROBLEMAS					NIVEL DE RIESGO
	F	S	P	E	A	V	I	D	C	Pb	ER	
							FxS	PxE	I+D	AxV	C*Pb	
1. RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	4	4	4	3	5	4	16	12	28	20	560	NORMAL
2. RESTRICCIONES EN VIAJE / ACUÑAMIENTO DE CORTES	3	3	3	3	5	3	9	9	18	15	270	BAJO
3. EMPAQUETAMIENTO / PERDIDA DE CIRCULACION	5	5	5	4	4	5	25	20	45	20	900	ELEVADO
4. RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	4	4	3	3	4	4	16	9	25	16	400	BAJO
5. TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA	2	2	3	2	4	3	4	6	10	12	120	MUY BAJO
6. PEGA DIFERENCIAL	5	5	5	4	3	5	25	20	45	15	675	NORMAL
7. PEGA MECANICA	4	5	5	4	3	5	20	20	40	15	600	NORMAL
8. INESTABILIDAD DE HUECO	3	4	3	3	3	4	12	9	21	12	252	BAJO
9. ALTO TORQUE / ALTOS NIVELES DE STICK&SLIP Y VIBRACIONES	2	3	3	3	3	3	6	9	15	9	135	MUY BAJO
RIESGO INICIAL PROMEDIO											434,7	BAJO

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

De los resultados obtenidos se tiene que 7 de los 9 problemas operacionales presentados en la perforación de la sección 12 ¼” de la plataforma Tiputini C tienen niveles de riesgo por encima a MUY BAJO, por lo que es importante realizar un análisis técnico que permita conocer las razones por las cuales se obtuvieron estos resultados.

Los pozos perforados en la plataforma Tiputini C son pozos de altas inclinaciones y altos desplazamientos, lo cual dificulta la adecuada limpieza del pozo ya que los cortes no son evacuados fácilmente hasta la superficie, formando acumulación de cortes denominadas “camas” en la cara baja del pozo, los mismos que al mover la sarta axialmente provoca que estos cortes sean arrastrados por los elementos de mayor diámetros del BHA, causando un efecto tipo tapón que aumenta los valores de torque y arrastre lo cual ha dado lugar a los problemas identificados, analizados y evaluados anteriormente. Otra complicación es el aumento del MBT, ya que en la perforación de la sección de 12 ¼” se atraviesan formaciones arcillosas como Tiyuyacu y Tena, lo cual provoca la incorporación de sólidos coloidales al fluido de perforación, afectando sus propiedades, causando problemas de inestabilidad del hueco a más de no permitir que se tenga condiciones de limpieza adecuadas, ya que dichos sólidos no son eliminados del fluido con facilidad teniendo que realizar diluciones o estaciones de circulación largas afectando la ejecución normal de la perforación del pozo.

2.7 Establecimiento de Medidas de Control

En relación al establecimiento de medidas de control, Mirabal (1997) manifiesta que “una vez identificados y evaluados los riesgos, se procede a un estudio de los mismos (por riesgo específico) con el fin de determinar qué acciones deben tomarse con el fin de poder prevenirlos (disminuir la frecuencia) y/o reducirlos (disminuir la severidad).

Una vez que se ha cumplido con las cuatro etapas del Método de Mosler aplicadas a cada uno de los problemas operacionales de la sección 12 ¼” de la plataforma Tiputini C, se procede a determinar el tipo de medidas de control requeridas para cada riesgo. Si el riesgo medido es Elevado deberá reducirse a un nivel menor, si el riesgo medido es Muy Bajo se debe adoptar medidas de control que permitan mantener el riesgo obtenido.

Si bien es cierto, la responsabilidad para que sean aplicadas las medidas de control establecidas en el presente estudio, no dependen del investigador, se socializará con el departamento de Perforación de Petroamazonas para que sean tomadas en consideración.

A continuación, se detallan las medidas de prevención y mitigación que se trabajó en conjunto con los ingenieros de campo de las empresas Schlumberger y Sinopec que participaron en la perforación de los 22 pozos en la plataforma Tiputini C en el período 2016 -2017 aplicadas para cada problema operacional:

2.7.1 Restricciones en viaje / Limpieza inadecuada del pozo

Medidas de Prevención

- Usar reología alta para mejorar la limpieza del pozo sin generar flujo turbulento.
- Control de MBT para evitar la incorporación de sólidos coloidales al fluido de perforación.
- Bombeo de píldoras viscosas pesadas en pozos de alto ángulo.
- Tiempo de circulación suficiente previo a realizar el viaje.
- Repasar 3 veces cada parada perforada.
- Antes de realizar viaje tener actualizado masterlog y survey del pozo en la cabina del perforador para tomar en cuenta las variaciones en la trayectoria.
- Uso de hidráulica adecuada dependiendo del tipo de formación perforada.

- Monitoreo constante de torque y arrastre.
- De estar disponible, monitorear la densidad equivalente de circulación (ECD).
- Realizar circulaciones intermedias.
- Registro de pesos subiendo-bajando-rotando, con y sin bomba para disponer un patrón de comparación para viajes.

Medidas de Mitigación

- Buenas prácticas operacionales para incrementar la limpieza del pozo.
- Buenas prácticas operacionales para viaje dentro del agujero apretado.

2.7.2 Restricciones en viaje / Acuñaamiento de cortes

Medidas de Prevención

- Usar reología alta para mejorar la limpieza del pozo sin generar flujo turbulento.
- Bombeo de píldoras viscosas pesadas en pozos de alto ángulo.
- Tiempo de circulación suficiente previo a realizar el viaje.
- Repasar 3 veces cada parada perforada.
- Monitoreo constante de torque y arrastre.
- De estar disponible, monitorear la densidad equivalente de circulación (ECD).

Medidas de Mitigación

- Buenas prácticas operacionales para incrementar la limpieza del pozo.

2.7.3 Empaquetamiento / Pérdida de circulación

Medidas de Prevención

- Uso de parámetros para mejorar la limpieza del pozo, máximo caudal posible, máximo número de revoluciones durante la perforación.
- Aplicar el número de repasos necesarios para bajar densidad equivalente de circulación ECD.
- Monitoreo continuo de torque/arrastre y de la densidad equivalente de circulación ECD.

- Monitoreo constante del volumen, tamaño y forma de los recortes durante la perforación.
- Registro de pesos subiendo-bajando-rotando, con y sin bomba para disponer un patrón de comparación para viajes.

Medidas de Mitigación

- Seguir procedimiento de liberación de tubería luego de un evento de empaquetamiento.
- Seguir procedimiento adecuado después de pérdidas de circulación en función de la categorización de la misma.
- Evaluar el incremento de la densidad de lodo.

2.7.4 Restricciones al bajar casing / Limpieza inadecuada del pozo

Medidas de Prevención

- Evaluar realizar maniobras de calibración al zapato antes de bajar casing, en función del comportamiento del viaje de sacada del BHA de perforación.
- Monitoreo y registro de puntos apretados presentados durante el viaje de sacada para identificar zonas potenciales de restricción.
- Tener el masterlog y surveys actualizado en la cabina del perforador.
- Evaluar circulaciones intermedias en la bajada del casing.
- Realizar maniobras como circulaciones en función del monitoreo de los pesos simulados durante la corrida del casing.

Medidas de Mitigación

- Trabajar con el casing para pasar una restricción mecánicamente (sin bomba ni rotación) hasta con apoyos de 10 klbs – 15 klbs. Si los apoyos son mayores, levantar la sarta e intentar bajar únicamente con bomba, si esto no es posible, bajar roqueando, rimando (bomba + rotación en el caso de tener anillos torque).
- Si durante la corrida del revestidor se acuña la sarta bajando, ÚNICAMENTE trabajar la sarta hacia arriba tensionando hasta los máximos valores permisibles por la tubería, taladro y herramientas de la Cía. designada para este trabajo con un margen de seguridad del 75%. No trabajar con apoyo (hacia abajo), cuando se

hayan agotado todos los recursos trabajando la sarta hacia arriba con resultados negativos, previo análisis y autorización, se puede trabajar la sarta hacia abajo.

- En caso de presentarse una fuerte restricción, evaluar la posibilidad de sacar el casing para acondicionar el hoyo con BHA de limpieza.

2.7.5 Taponamiento de flow line por inadecuada limpieza

Medidas de Prevención

- Realizar dos o tres repasos por parada perforada antes de pasar a la siguiente conexión.
- Usar el máximo flujo y revoluciones por minuto (RPMs).
- Mantener las propiedades del fluido de acuerdo al programa.
- Bombear fluido de perforación a través de los jets instalados en la línea de flujo en cada conexión.
- Monitoreo de la densidad equivalente de circulación (ECD) ante presencia de picos que pudieran indicar el desplazamiento de gumbo en el anular para anticipar su arribo a superficie.

Medidas de Mitigación

- Parar de perforar para limpiar flow line pero manteniendo el flujo de ser posible.

2.7.6 Pega diferencial

Medidas de Prevención

- Cumplimiento de las concentraciones de material puenteante y control de filtrado programado para obtener un revoque de buena calidad.
- Monitorear el overpull después de las conexiones para identificar riesgos de pega.
- Evitar quedarse estáticos por largos períodos de tiempo frente a las arenisca en mención en operaciones como conexiones, surveys.
- Evitar deslizar al perforar estas areniscas.
- Tomar surveys 10-15ft fuera de fondo.
- Previo a viajes, tener todos los equipos de torqueo / destorqueo del drill pipe listos y operativos.

Medidas de Mitigación

- Contar con suficiente material para despegar tubería en la locación.
- Establecer los procedimientos en el programa del pozo y en la locación, para preparar píldoras para despegar tubería, bombeo, tiempo de exposición y trabajo de la tubería.

2.7.7 Pega mecánica

Medidas de Prevención

- Tomar pesos de sarta rotando, hacia arriba y hacia abajo, levantándose 15ft del fondo sin bomba previo a cada conexión con el objetivo de identificar comportamientos anormales. Llevar registro de puntos apretados.
- Usar registro litológico para identificar puntos de restricción potenciales para utilizarlos como referencia durante el viaje de tubería y la corrida de casing, tener el masterlog actualizado en la casa del perro para los viajes.
- Asegurarse de la limpieza del hueco, bombear tren de píldoras, y circular el tiempo suficiente hasta zarandas limpias antes de realizar el viaje.
- No realizar operaciones de acondicionamiento de hueco con caudales menores a los recomendados según simulación de lodos para asegurar la limpieza del pozo (caudal crítico).
- Evitar exceder las horas recomendadas de uso del martillo.
- Evitar trabajar con rangos de pesos sobre la broca (WOB) que posicionan al martillo cerca del punto neutro. En caso de activación, no exceder cargas límites de disparo.

Medidas de Mitigación

- Reciprocarse la sarta evitando sobretensiones (overpull) mayores a 50klbs. Si no es posible pasar, intentar con bomba y sin rotación. Si aún no es posible sacar, bajar una parada por debajo del punto apretado y comenzar a circular aumentando gradualmente el caudal monitoreando y reaccionando rápidamente ante cualquier aumento anormal de presión.
- En caso de requerir sacar con backreaming, asegurarse de bombear con caudal suficiente para limpiar el hueco (caudales similares a los empleados en

perforación). Realizar operación con velocidad controlada y con PACIENCIA. En caso de sacar una parada completa con backreaming, verificar sarta libre.

2.7.8 Inestabilidad del Hueco

Medidas de Prevención

- Seguir incrementos de densidad de acuerdo a la curva de lodos.
- Monitoreo de choques y vibraciones y ajuste de parámetros para reducir impacto mecánico.
- Evitar circular frente a lutitas.

Medidas de Mitigación

- Evaluar incrementar la concentración de estabilizadores mecánicos y/o la densidad de lodo para controlar la inestabilidad de la formación en función de la caracterización morfológica de los cavings.

2.7.9 Alto torque / Altos niveles de Stick&Slip y vibraciones

Medidas de Prevención

- Monitorear valores de torque y arrastre (T&D) y definir si el torque se genera en fondo y/o fuera de fondo.
- Repasar cada junta perforada con circulación y rotación.
- Modificar parámetros operacionales de acuerdo a los establecidos en el programa.
- Bombeo de píldoras de limpieza de acuerdo al programa y al monitoreo de hidráulicas.
- Evaluar el uso de reductores de torque.
- Durante la perforación se deberá hacer el hueco lo menos tortuoso posible, suavizando las curvas o patas de perro (DLS).

Medidas de Mitigación

- Evaluar uso o incremento de concentración de lubricante en el sistema de fluidos.

Debido a que las medidas de prevención y mitigación son 100% operativas para su aplicación, éstas deberán formar parte del programa de perforación por lo cual no generan un costo adicional.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Matriz de riesgos

Debido a que los problemas analizados en este trabajo se desarrollan al interior del hueco perforado en la sección de 12 ¼", no se pudo elaborar una matriz de riesgos con los diferentes factores de riesgo, ya que los problemas son 100% operacionales, por lo cual se desarrolló un cuadro de análisis y control de riesgos.

3.2 Resultados del estudio de problemas operacionales en la perforación de la sección de 12 ¼".

Mirabal (1997) considera que la quinta etapa de la filosofía de la gestión de riesgos se refiere a la implementación y monitoreo, es decir: "Una vez determinadas las acciones para el control del riesgo, se procede a su implementación en las diferentes áreas organizacionales y funcionales de la empresa".

Para Bravo y Sánchez (2006), el proceso de administración del riesgo proviene del resultado de la identificación, evaluación, selección e implementación de las técnicas apropiadas para manejar cada riesgo, en este sentido manifiesta que "entre las posibilidades existentes se pueden distinguir dos grandes grupos: frente a riesgos considerados como "amenaza"; evitar, transferir, mitigar y aceptar; y frente a riesgos que se pueden convertir en "oportunidades": aprovechar, compartir, realzar e ignorar".

En el desarrollo de la sección anterior se identificó, analizó, evaluó y determinó el riesgo inicial de cada uno de los problemas operacionales presentados en la perforación de la sección de 12 ¼" de la plataforma Tiputini C, a la vez se definió medidas de control y medidas de prevención para mantener o mitigar dicho riesgo.

Basados en las medidas de prevención y mitigación, en esta sección se procedió a realizar la nueva evaluación de los problemas operacionales de la sección 12 ¼" de la plataforma Tiputini C para poder definir el nivel de riesgo final, aplicando el método de Mosler desde la segunda fase, resultados que se presentan en la tabla 3.1.

Al aplicar las medidas de prevención en el análisis de los problemas presentados en la tabla 3.1, se observa que cambian los criterios de agresión y vulnerabilidad con los cuales se obtiene la probabilidad de ocurrencia haciendo que esta disminuya; mientras que al aplicar las medidas de mitigación, se decidió conservar los valores iniciales de los criterios de función, sustitución, profundidad y extensión, debido a que los resultados dependen en gran parte de que su aplicación sea realizada exitosamente o por el contrario sean un total fracaso y se pueda llegar hasta perder el pozo.

Después de realizar el análisis de problemas operacionales para la sección de 12 ¼" en la plataforma Tiputini C establecidas las medidas de prevención y mitigación, se procedió con la tercera fase del Método de Mosler, la evaluación de problemas aplicando las fórmulas (1), (2), (3) y (4) detalladas anteriormente, presentando los resultados en la tabla 3.2.

La cuarta y última fase del Método de Mosler, la cuantificación y clasificación del riesgo aplicando la fórmula (5) detallada anteriormente y aplicada a los problemas operacionales para la sección de 12 ¼" en la plataforma Tiputini C establecidas las medidas de prevención y mitigación, se presenta en la tabla 3.3 y la tabla 3.4.

Tabla 3.2. Evaluación de problemas establecidas las medidas de prevención y mitigación

TERCERA FASE - EVALUACION DE PROBLEMAS				
CARÁCTER DE RIESGO "C", $C = I + D$				PROBABILIDAD "P"
I = IMPORTANCIA DEL SUCESO = $F \times S$				$Pb = A \times V$
D = DAÑOS OCASIONALES = $P \times E$				
PROBLEMA	I	D	C	Pb
1	16	12	28	9
2	9	9	18	6
3	25	20	45	12
4	16	9	25	12
5	4	6	10	6
6	25	20	45	12
7	20	20	40	12
8	12	9	21	9
9	6	9	15	6

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

Tabla 3.3 Valoración del Riesgo establecidas las medidas de prevención y mitigación

CUARTA FASE	
PROBLEMA	$ER = C \times Pb$
1	252
2	108
3	540
4	300
5	60
6	540
7	480
8	189
9	90

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

Tabla 3.4. Clasificación del Riesgo establecidas las medidas de prevención y mitigación

PROBLEMA	ANÁLISIS DE PROBLEMAS						EVALUACION DE PROBLEMAS					NIVEL DE RIESGO
	F	S	P	E	A	V	I	D	C	Pb	ER	
							FxS	PxE	I+D	AxV	C*Pb	
1. RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	4	4	4	3	3	3	16	12	28	9	252	BAJO
2. RESTRICCIONES EN VIAJE / ACUÑAMIENTO DE CORTES	3	3	3	3	3	2	9	9	18	6	108	MUY BAJO
3. EMPAQUETAMIENTO / PERDIDA DE CIRCULACION	5	5	5	4	3	4	25	20	45	12	540	NORMAL
4. RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	4	4	3	3	3	4	16	9	25	12	300	BAJO
5. TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA	2	2	3	2	3	2	4	6	10	6	60	MUY BAJO
6. PEGA DIFERENCIAL	5	5	5	4	3	4	25	20	45	12	540	NORMAL
7. PEGA MECANICA	4	5	5	4	3	4	20	20	40	12	480	BAJO
8. INESTABILIDAD DE HUECO	3	4	3	3	3	3	12	9	21	9	189	MUY BAJO
9. ALTO TORQUE / ALTOS NIVELES DE STICK&SLIP Y VIBRACIONES	2	3	3	3	3	2	6	9	15	6	90	MUY BAJO
RIESGO RESIDUAL PROMEDIO											284,3	BAJO

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

3.3 Cuadro de Análisis y Control de Riesgos

Como resultado final del análisis de riesgos mediante la aplicación del Método de Mosler, se tiene el cuadro de análisis y control de riesgos que se detalla en la tabla 3.5, donde se obtuvo un riesgo inicial promedio de 434.7 puntos que corresponde a un nivel de riesgo BAJO, el cual al aplicar las medidas de prevención y mitigación se tiene un riesgo residual promedio de 284.3 puntos que corresponde a un nivel de riesgo BAJO obtenido al disminuir o conservar el nivel de riesgo de cada uno de los problemas analizados, este cuadro servirá como una herramienta para poder reducir los tiempos no productivos (NPT), al incluirlo en los programas de perforación para su aplicación y difundirlo al equipo de perforación asignado para la plataforma Tiputini C, lo cual nos ayudará a eliminar los costos no programados y reducir los tiempos de perforación, permitiendo el beneficio del ahorro a Petroamazonas EP y a su vez poner a producir los pozos en menor tiempo.

Tabla 3.5. Cuadro de Análisis & Control de Riesgos

PROBLEMAS	RIESGOS INICIAL			MEDIDAS DE CONTROL		RIESGO FINAL		
	DESCRIPCION PROBLEMA	PROBABILIDAD	CARÁCTER DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO	MEDIDAS DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	PROBABILIDAD	CARÁCTER DE RIESGO
1. RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	20	28	560	<ul style="list-style-type: none"> - Usar reología alta para mejorar la limpieza del pozo sin generar flujo turbulento. - Control de MBT para evitar la incorporación de sólidos coloidales al fluido de perforación - Bombeo de pildoras viscosas pesadas en pozos de alto ángulo. - Tiempo de circulación suficiente previo a realizar el viaje. - Repasar 3 veces cada parada perforada. - Antes de realizar viaje tener actualizado Masterlog y survey del pozo en la cabina del perforador para tomar en cuenta las variaciones en la trayectoria. - Uso de hidráulica adecuada dependiendo del tipo de formación perforada. - Monitoreo constante de torque y arrastre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Buenas prácticas operacionales para incrementar la limpieza del pozo. - Buenas prácticas operacionales para viaje dentro del agujero apretado. 	9	28	252
2. RESTRICCIONES EN VIAJE / ACUÑAMIENTO DE CORTES	15	18	270	<ul style="list-style-type: none"> - Usar reología alta para mejorar la limpieza del pozo sin generar flujo turbulento. - Bombeo de pildoras viscosas pesadas en pozos de alto ángulo. - Tiempo de circulación suficiente previo a realizar el viaje. - Repasar 3 veces cada parada perforada. - Monitoreo constante de torque y arrastre. - De estar disponible, monitorear el ECD. - Realizar circulaciones intermedias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Buenas prácticas operacionales para incrementar la limpieza del pozo. 	6	18	108
3. EMPAQUETAMIENTO / PERDIDA DE CIRCULACION	20	45	900	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de parámetros para mejorar la limpieza del pozo, máximo caudal posible, máximo número de revoluciones durante la perforación. - Aplicar el número de repasos necesarios para bajar el ECD. - Monitoreo continuo de torque/arrastre, ECD. - Monitoreo constante del volumen, tamaño y forma de los recortes durante la perforación. - Registro de pesos subiendo-bajando-rotando, con y sin bomba para disponer un patrón de comparación para viajes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Seguir procedimiento de liberación de tubería luego de un evento de empaquetamiento. - Seguir procedimiento adecuado después de pérdidas de circulación en función de la categorización de la misma 	12	45	540
4. RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO	16	25	400	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar realizar maniobras de calibración al zapato antes de bajar casing, en función del comportamiento del viaje de sacada del BHA de perforación. - Monitoreo y registro de puntos apretados presentados durante el viaje de sacada para identificar zonas potenciales de restricción. - Tener el masterlog y surveys actualizado en la cabina del perforador. - Evaluar circulaciones intermedias en la bajada del casing de acuerdo al - Realizar maniobras como circulaciones en función del monitoreo de los pesos simulados durante la corrida del casing. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajar con el casing para pasar una restricción mecánicamente (sin bomba ni rotación) hasta con apoyos de 10 kbs – 15 kbs. Si los apoyos son mayores, levantar la sarta e intentar bajar únicamente con bomba, si esto no es posible, bajar roqueando, rimando (bomba+rotación en el caso de tener anillos torque). - Si durante la corrida del revestidor se acuña la sarta bajando, ÚNICAMENTE trabajar la sarta hacia arriba tensionando hasta los máximos valores permisibles por la tubería, taladro y herramientas de la Cia, designada para este trabajo con un margen de seguridad del 75%. No trabajar con apoyo (hacia abajo), Cuando se hayan agotado todos los recursos trabajando la sarta hacia arriba con resultados negativos, previo análisis y autorización, se puede trabajar la sarta hacia abajo. - En caso de presentarse una fuerte restricción, evaluar la posibilidad de sacar casing para acondicionar hoyo con BHA de limpieza. 	12	25	300

Continuación Tabla 3.5. Cuadro de Análisis & Control de Riesgos

PROBLEMAS	RIESGOS INICIAL			MEDIDAS DE CONTROL		RIESGO FINAL		
	DESCRIPCION PROBLEMA	PROBABILIDAD	CARÁCTER DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO	MEDIDAS DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	PROBABILIDAD	CARÁCTER DE RIESGO
5. TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA	12	10	120	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar dos o tres repasos por parada perforada antes de pasar a la siguiente conexión. - Usar el máximo flujo y RPMs. - Mantener las propiedades del fluido de acuerdo al programa. - Bombear fluido de perforación a través de los jets instalados en la línea de flujo en cada conexión. - Monitoreo del ECD ante presencia de picos que pudieran indicar el desplazamiento de gumbo en el anular para anticipar su arribo a superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> - Parar de perforar para limpiar flow line pero manteniendo el flujo de ser posible 	6	10	60
6. PEGA DIFERENCIAL	15	45	675	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de las concentraciones de material puenteante y control de filtrado programado para obtener un revoque de buena calidad. - Monitorear el overpull después de las conexiones para identificar riesgos de pega. - Evitar quedarse estáticos por largos periodos de tiempo frente a las areniscas en mención en operaciones como conexiones, surveys. Evitar deslizar al perforar estas areniscas. - Tomar surveys 10-15ft fuera de fondo. - Previo a viajes, tener todos los equipos de torqueo / destorqueo del DP listos y operativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Seguir procedimiento de liberación de tubería. - Contar con suficiente material para despegar tubería en la locación. Establecer los procedimientos en el programa del pozo y en la locación, para preparar pildoras para despegar tubería, bombeo, tiempo de exposición y trabajo de la tubería. 	12	45	540
7. PEGA MECANICA	15	40	600	<ul style="list-style-type: none"> - Tomar pesos de sarta rotando, hacia arriba y hacia abajo, levantándose 15ft del fondo sin bomba previo a cada conexión con el objetivo de identificar comportamientos anormales. Llevar registro de puntos apretados. Usar registro litológico para identificar puntos de restricción potenciales para utilizarlos como referencia durante el viaje de tubería y la corrida de casing. Tener el MasterLog actualizado en la casa del perro para los viajes. - Asegurarse de la limpieza del hueco; bombear tren de pildoras, y circular el tiempo suficiente hasta zarandas limpias antes de realizar el viaje. - No realizar operaciones de acondicionamiento de hueco con caudales menores a los recomendados según simulación de lodos para asegurar la limpieza del pozo (caudal crítico). - Evitar exceder las horas recomendadas de uso del martillo. - Evitar trabajar con rangos de WOB que posicionan al martillo cerca del PN. En caso de activación, no exceder cargas límites de disparo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reciprocarse la sarta evitando sobretensiones (overpull) mayores a 50klbs. Si no es posible pasar, intentar con bomba y sin rotación. Si aún no es posible sacar, bajar una parada por debajo del punto apretado y comenzar a circular aumentando gradualmente el caudal monitoreando y reaccionando rápidamente ante cualquier aumento anormal de presión. - En caso de requerir sacar con backreaming, asegurarse de bombear con caudal suficiente para limpiar el hueco (caudales similares a los empleados en perforación. Realizar operación con velocidad controlada y con PACIENCIA. En caso de sacar una parada completa con backreaming, verificar sarta libre. 	12	40	480

CONTINUACIÓN TABLA 3.5. CUADRO DE ANÁLISIS & CONTROL DE RIESGOS

PROBLEMAS	RIESGOS INICIAL			MEDIDAS DE CONTROL		RIESGO FINAL		
	P R O B A B I L I D A D	C A R Á C T E R O D E	N I V E L D E R I E S G O	MEDIDAS DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	P R O B A B I L I D A D	C A R Á C T E R O D E	N I V E L D E R I E S G O
8. INESTABILIDAD DE HUECO,	12	21	252	<ul style="list-style-type: none"> - Seguir incrementos de MW de acuerdo a la curva de lodos. - Monitoreo de choques y vibraciones y ajuste de parámetros para reducir impacto mecánico. - Evitar circular frente a lutitas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar incrementar la concentración de estabilizadores mecánicos y/o la densidad de lodo para controlar la inestabilidad de la formación en función de la caracterización morfológica de los cavings. 	9	21	189
9. ALTO TORQUE / ALTOS NIVELES DE STICK&SLIP Y VIBRACIONES	9	15	135	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorear valores de T&D y definir si el torque se genera en fondo y/o fuera de fondo. - Repasar cada junta perforada con circulación y rotación. - Modificar parámetros operacionales de acuerdo a los establecidos en el programa. - Bombeo de píldoras de limpieza de acuerdo al programa y al monitoreo de hidráulicas. - Evaluar el uso de reductores de torque. - Durante la perforación se deberá hacer el hueco lo menos tortuoso posible, suavizando las curvas o DLS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar uso o incremento de concentración de lubricante en el sistema de fluidos. 	6	15	90

Elaborado por: Santiago Lara, 2018

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La identificación oportuna y análisis de riesgos de los problemas operacionales en la perforación de la sección de 12 ¼” en la plataforma Tiputini C aplicando el método de Mosler, permite establecer medidas de prevención y mitigación que reduzcan el nivel de riesgo y su impacto en la perforación de los pozos planificados.
- Se identificaron 9 problemas operativos en la campaña de perforación de la plataforma Tiputini C de los años 2016 y 2017, siendo la limpieza inadecuada del pozo la de mayor ocurrencia debido a que se presentó en 16 de los 22 pozos estudiados, y el empaquetamiento el de mayor NPT con un total de 135.5 horas de NPT que conllevaron a un side track.
- Se recomienda mejorar las prácticas de limpieza al perforar la sección de 12 ¼” en la plataforma Tiputini C, ya que es fundamental para prevenir futuros problemas operacionales, reducir riesgos y tener un impacto positivo en la reducción de NPT.
- Se evaluó los 9 problemas operacionales mediante el método de Mosler determinando al empaquetamiento y pega diferencial como los problemas con mayor severidad con un puntaje de 45/50 puntos, y la limpieza inadecuada del pozo la de mayor probabilidad con un puntaje de 20/25.
- Se determinó el nivel de riesgo de los 9 problemas operacionales evaluados, siendo el de menor nivel de riesgo el taponamiento de flow line por inadecuada limpieza, con un puntaje de 120 puntos equivalente a MUY BAJO y el de mayor nivel de riesgo el empaquetamiento con un puntaje de 900 puntos equivalente a ELEVADO, antes de aplicar las medidas de prevención y mitigación.
- Se recomienda la aplicación del método de Mosler ya que es un modelo eficiente y fácil de usar para el análisis de riesgos en próximos pozos a perforar, ya que esto permitirá evaluar los problemas bajo un mismo criterio.

- Se establecieron medidas de prevención y mitigación para reducir la probabilidad y severidad de los riesgos iniciales de los 9 problemas operacionales, siendo el de mayor relevancia el nivel de riesgo del empaquetamiento que se redujo la probabilidad de 20 a 12 puntos, manteniendo la severidad en 45 puntos, dando como resultado un nivel de riesgo residual de 540 puntos equivalente a NORMAL.
- Se recomienda la aplicación de las medidas de prevención y mitigación planteadas en este trabajo, ya que permitirán reducir los niveles de riesgo lo que implica reducir los NPT.
- Se determinó el nivel de riesgo residual de los 9 problemas operacionales al aplicar las medidas de prevención y mitigación disminuyendo el nivel de riesgo inicial, teniendo un promedio de nivel de riesgo residual de 284.3 puntos equivalente a BAJO según el método de Mosler, destacando que ningún problema quedó en nivel de riesgo residual de ELEVADO o MUY ELEVADO.
- Se recomienda implementar con el departamento de perforación de Petroamazonas EP el cuadro de análisis & control de riesgos con el fin de ponerlo en práctica en las operaciones de perforación del campo Tiputini, contribuyendo a reducir los NPT y terminar un pozo dentro los tiempos establecidos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Boas, J. & Almeida, D. (2017). Prácticas para la optimización de la limpieza del hoyo, en la perforación de pozos de alto ángulo y largo alcance en el campo Tiputini – Bloque 43.
- Bravo, O. & Sánchez, M. (2006). Gestión integral de riesgos. Tomo I. Edit. Consorcio Gráfico, Ltd. Colombia, 2006
- Datalog manual de operaciones en el pozo. (2015, Octubre 6). Perfoblogger. Obtenido de <http://perfob.blogspot.com/2015/10/vibraciones-en-la-sarta-de-perforación.html>
- Flores Ramírez Juan, (2003) “Taller de identificación y evaluación de riesgos” Proyecto de ingeniería de riesgo.
- Galaviz, José; Martínez, Romualdo; Vázquez, Yenni; González, Brian. (2013, mayo). Análisis - Evaluación de riesgos, aplicando la metodología Mosler en las pymes de Tlaxcala, México. Recuperado de http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-10-1/Tema_03_metodologia_Mosler.pdf
- Gómez Sánchez Manuel, (1998). España Madrid, “Manual de Seguridad” Análisis de Riesgos. Recuperado de <https://www.civittas.com/analisis-de-riesgos-el-metodo-mosler/>.
- González, F. (2015). Análisis Cuantitativo de Riesgos: Método Mosler. Recuperado de <http://www.baluaronline.com.ar/newsletter/BaluarACT-0057.pdf>.
- Guerrero, Edward, (2012). Actos y condición subestandar. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/82601066/Actos-y-Condicion-Sub-Estandar>.
- Heras, K. F. (2013). Factores que afectan la velocidad de penetración.

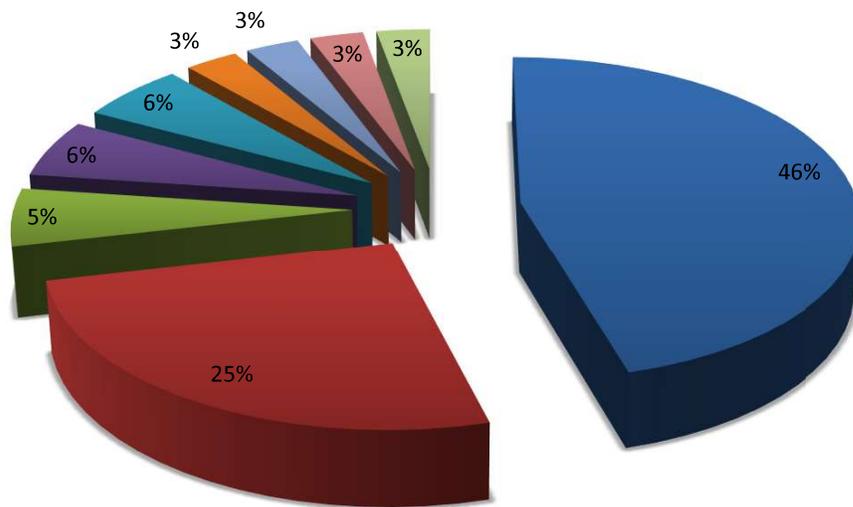
- INCIBE, (2014). Gestión de riesgos, una guía de aproximación para el empresario. Recuperado de https://www.incibe.es/extfrontinteco/img/File/empresas/guias/Guia_gestion_riesgos/guiageestionriesgos.pdf
- Instituto Técnico del Petróleo. (2012). Manual de pega de tubería. Generalidades pega de tubería. Drilling and Workover Services - Training School, Bogota, Colombia.
- ISO 45001. (2016). Sistema de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- ISO Guía 73. (2009), El vocabulario de gestión de riesgos.
- ISO Tools. (2015). En que consiste una matriz de riesgos. Recuperado de <https://www.isotools.org/2015/08/06/en-que-consiste-una-matriz-de-riesgos/>.
- Jiménez, C. (1997). I jornadas en control de riesgos. Cied-Tamare. Tomo I.
- López, Sonia; Galaviz, Víctor; Chávez, Leticia; Herrera, Eloina. (2017, Junio). Gestión y Análisis de índices de riesgos organizacionales basado en las metodologías Mosler y Cuantitativo Mixto empleando TI.
- Lledó, P. & Rivarola, G. (2007). Gestión de proyectos. Pearson Educación.
- Martines, German. (2002), España Granada “Gestión del riesgo en proyectos de ingeniería”, Caso PTS Universidad de Granada.
- Mirabal, J. (1997). La prevención de pérdidas y su relación con el manejo financiero del riesgo. II Jornadas de control de riesgos. Petróleos de Venezuela. Puerto La Cruz. Venezuela.
- Moreno, C. M. (2016). Modelos prácticos de Administración de riesgos. Ciudad de México: ISEF S.A.
- MISwaco. (2001, Febrero 14). Manual de la Ingeniería. Pega de tubería. Bravo, O. & Sánchez, M. (2006). Gestión integral de riesgos. Tomo I. Edit. Consorcio Gráfico, Ltd. Colombia, 2006.

- Navarro, F. (2013, Marzo 14). El Análisis de Riesgos. Método Mosler. Recuperado de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/el-analisis-de-riesgos-metodo-mosler/>.
- Palacios, L. (2000). Principios esenciales para realizar proyectos. Un enfoque latino. Edit. Publicaciones UCAB. Segunda edición. Venezuela.
- Petroamazonas EP, (2016a). Usd 100 Millones de Ingresos en el 2016 por la Incorporación del Bloque 43 – ITT, Recuperado de <http://www.petroamazonas.gob.ec/usd-100-millones-de-ingresos-en-el-2016-por-la-incorporacion-del-bloque-43-itt/>
- Petroamazonas EP, (2016b). Programa de Perforación. Pozo Tiputini C-011.
- Vilchez, J. (2007). Análisis cuantitativo de riesgo en la actividad de perforación y rehabilitación de un pozo (Tesis de Especialista). Universidad Simón Bolívar. Recuperado de: <http://159.90.80.55/tesis/000134679.pdf>.
- Villarragut, J. (2015), Prevention of Accidental Exposure in Radiotherapy: The Risk Matrix Approach, Health Physics, Vol 104, n° 2, p. 102.
- Villarreal, D. (2017), Sistema de gestión y metodologías para análisis y evaluación de riesgos de seguridad.
- Yáñez Medardo, Gómez de la Vega Hernando & Valbuena Genebelin (2003, Marzo). Gerencia de la Incertidumbre – ISBN 980-12-0115-0.

6. ANEXOS

FRECUENCIA GENERAL DE PROBLEMAS OPERACIONALES

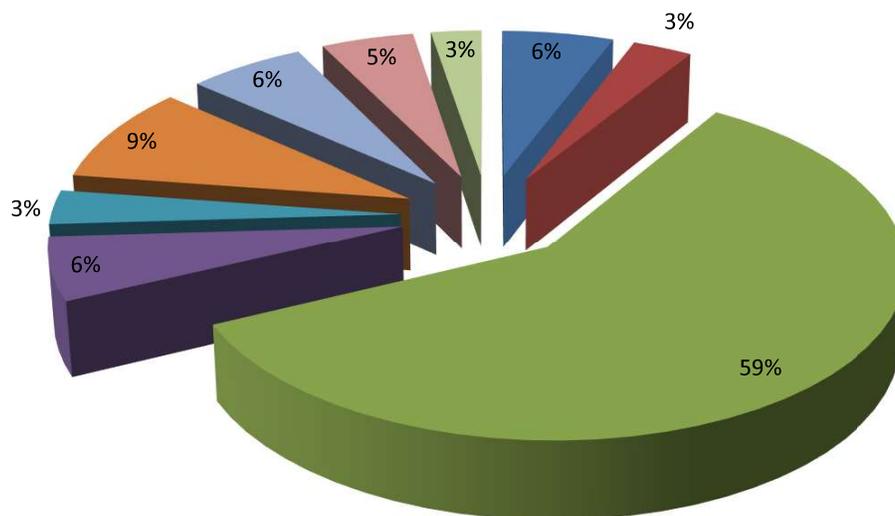
- 1. RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO
- 2. RESTRICCIONES EN VIAJE / ACUÑAMIENTO DE CORTES
- 3. EMPAQUETAMIENTO / PERDIDA DE CIRCULACION
- 4. RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO
- 5. TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA
- 6. PEGA DIFERENCIAL
- 7. PEGA MECANICA
- 8. INESTABILIDAD DE HUECO
- 9. ALTO TORQUE / ALTOS NIVELES DE STICK&SLIP Y VIBRACIONES



Anexo 1. Frecuencia General de Problemas Operacionales.

SEVERIDAD GENERAL DE PROBLEMAS OPERACIONALES

- 1. RESTRICCIONES EN VIAJE / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO
- 2. RESTRICCIONES EN VIAJE / ACUÑAMIENTO DE CORTES
- 3. EMPAQUETAMIENTO / PERDIDA DE CIRCULACION
- 4. RESTRICCIONES AL BAJAR CASING / LIMPIEZA INADECUADA DEL POZO
- 5. TAPONAMIENTO DE FLOW LINE POR INADECUADA LIMPIEZA
- 6. PEGA DIFERENCIAL
- 7. PEGA MECANICA
- 8. INESTABILIDAD DE HUECO
- 9. ALTO TORQUE / ALTOS NIVELES DE STICK&SLIP Y VIBRACIONES



Anexo 2. Severidad General de Problemas Operacionales