



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis de los indicadores de
desempeño para optimización de
tiempos en la perforación de pozos en la
Región Marina Noreste**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Petrolero

P R E S E N T A

Andrea Itzamara López Santana

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Daniel Marure Valdez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Agradecimientos

A Dios, por permitirme llegar a este momento de mi vida con todos mis seres queridos, por darme el valor y la fuerza para cada decisión tomada en este camino.

A mis padres Federico y Silvia, le agradezco a la vida por darme el honor de ser su hija y por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida; ustedes han sido siempre mi principal motor me han mostrado con su ejemplo a nunca rendirme y siempre encontrar alternativas para llegar a cumplir nuestros objetivos, gracias por darme su confianza y todo su cariño, por acompañarme esas noches de desvelo para que nunca estuviera sola. Gracias por todo su amor, esta es una pequeña forma que tengo de agradecerles todo lo que me han dado; mami he cumplido la promesa de hace algunos años, los amo.

A mis hermanos Miguel y Emiliano, pequeños gracias por acompañarme hasta este momento, no tengo como agradecer que hayan llegado a mi vida, esta no sería la misma sin ustedes, sin sus risas, abraza y también enojos, son el amor de mi vida espero poder ser el ejemplo que ustedes se merecen y nunca olviden que siempre estre ahí para ustedes.

A mis abuelitos Florentino, Leopoldo, Socorro y Guadalupe (†), gracias por todo su cariño y amor, por acompañarme en cada momento de mi vida, por todo su apoyo que me han brindado, saben que les brindo todo mi amor.

Al Ing. Marure profesor y amigo, gracias a su manera de enseñar pude reafirmar que la perforación era el área en la que me quería desempeñar, gracias por todos los conocimientos que me ha brindado, pero sobre todo agradezco la confianza y el apoyo que me ha brindado para poder alcanzar mis objetivos, por siempre escucharme y darme ánimos cuando más lo he necesitado, gracias.

Al Ing. Israel, gracias por darme la oportunidad de poder crecer como profesionalista al integrarme en tan prestigiosa unidad para efectuar mis practicas profesionales , por todo el apoyo y confianza brindada desde el primer momento en que me presente, por mostrarme con su ejemplo a confiar en su equipo de trabajo y que para llegar a un objetivo se logra atravez del trabajo en conjunto.

Al Ing. Susana, gracias por la confianza que me brindó por todo el concomiento que me compartido, por ayudarme a crecer no solo profesionalmente también personalmente, por todo el apoyo dentro y fuera de la oficia, por convertirse en una gran amiga, por escucharme y darme esas palabras de aliento cuando más las necesite por brindarme su amistad y cariño.





A la Unidad de perforación Ku – Maloob – Zaap, gracias a todas las personas que son parte de esta unidad, por hacerme sentir en casa, por todo su apoyo que me han brindado, por compartir su conocimiento de sus diferentes áreas; sin su apoyo este trabajo no hubiera sido posible.

A mis amigas Lucero, Natalia y Fernandan, gracias por siempre escucharme a las horas de la madrugada, por siempre levantarme y brindarme todo su apoyo; Lucero gracias por acompañarme en tan largo trayecto de casa a la universidad, por todas las risas que hacían mas ameno mi día a día, por brindarme todo tu cariño y amistad; Natalia gracias por esos momentos en la facultad que aunque no fueron muchos estando fuera ahora se triplicaron, se que siempre podre contar contigo en cualquier momento; Fernanda desde la preparatoria he pasado momentos increíbles a tu lado, gracias por brindarme tu amistad, tu cariño y todo tu apoyo; gracias por todo, saben que siempre tendrán a una amiga para cualquier momento.

A mi universidad, desde preparatoria formo parte de esta prestigiada universidad, le agradezco todo lo que me ha brindado tanto académico como personalmente, gracias a ella soy la profesionista de ahora, en sus salones he adquirido todo el conocimiento que ahora espero poder compartir y ejercer de la mejor forma; dentro de ella conocí a grandes personas y amigos.

Por mi raza hablará el espíritu.





Resumen

Actualmente el principal objetivo de las empresas dentro de la industria petrolera, es mejorar su desempeño en la perforación para poder lograr así una reducción de costos y optimización de recursos. El costo de la construcción de un pozo de desarrollo se ve influenciado por diversos factores, tales como: renta del equipo, personal operativo, materiales como tuberías de revestimiento y fluidos de perforación, entre otros. Sin embargo, el principal factor es el tiempo.

Existen diversas herramientas y metodos para realizar un análisis y lograr así una mejora en el desempeño de las operaciones de perforación, algunos de estos son: la identificación de los tiempos no productivos (NPT's) y tiempos invisibles. Estos ocurren principalmente por diversos eventos presentados durante la construcción del pozo los cuales pueden estar relacionados desde condiciones climatológicas adversas, fallas en los componentes del equipo hasta maniobras realizadas incorrectamente por personal.

Los indicadores de desempeño (KPI's) son una herramienta de apoyo para lograr efectuar un análisis más puntual en las operaciones y tiempos, están basados en la metodología Bechkmarking; esta indica que el análisis inicia con la recolección de información y estudio de la misma para la identificación de buenas practicas desarrolladas y áreas de oportunidad a mejorar, posterior a ello se lleva la presencación de propuestas para continuar con la optimización del proceso.

Esta tesis tiene como objetivo realizar el análisis del desempeño de un equipo de perforación dentro de la Región Marina Noreste en dos intervenciones efectuadas por el mismo, identificando mediante el uso de los KPI's áreas de oportunidad para la optmización del proceso de perforación y mejoramiento en los tiempos de ejecución. Al igual tiene como objetivo la creación de una propuesta para la optimización de la perforación para este equipo, establecida a través los datos obtuvimos del análisis efecutado, visualizando de igual forma el impacto económico al realizar una reducción en los tiempos de construcción.



Abstract

Currently, the main objective of companies within the oil industry is to improve their drilling performance in order to achieve cost reduction and resource optimization. The cost of building a development well is influenced by various factors, such as: equipment rental, operating personnel, materials such as casing pipes and drilling fluids, among others. However, the main factor is time.

There are various tools and methods to perform an analysis and thus improve the performance of drilling operations, some of these are: the identification of non-productive times (NPT's) and invisible times. These occur mainly due to various events presented during the construction of the well which may be related from bad weather conditions, equipment component failures to improperly performed maneuvers.

Performance indicators (KPI's) are a support tool to achieve a more timely analysis of operations and times, based on the Bechkmarking methodology; which is based on the collection of information and study of it for the identification of good practices developed and areas of opportunity to improve, after that the proposal is proposed to continue with the optimization of the process.

This thesis aims to perform the analysis of the performance of a drilling team within the Northeast Marine Region in two interventions carried out by it, identifying through the KPI's areas of opportunity for the optimization of the drilling process and improvement in time of execution. Likewise, it has as its objective the creation of a proposal for the optimization of drilling for this equipment, established based on the data obtained from the analysis carried out, visualizing in the same way the economic impact by making a reduction in construction times.



Índice

Capítulo 1 Antecedentes.	12
1.1 Equipos de perforación.	12
1.1.1 Clasificación de equipos.	13
1.1.2 Equipos Marinos.....	15
1.1.2.1 Equipos Fijos.....	15
1.1.2.2 Equipos Autoelevables.	18
1.2 Campo Ku Maloob Zaap.	19
1.2.1 Generalidades de los yacimientos.....	20
1.2.2 Localización.	22
1.2.3 Características Geológicas.....	22
1.2.4 Estratigrafía.	23
1.3 Eventos de mayor impacto en el campo.	26
1.3.1 Atrapamientos.....	26
1.3.2 Pérdidas de circulación.....	28
1.4 Clasificación de actividades.....	36
1.4.1 Límite Técnico.....	37
1.4.2 Tiempos No Productivos (NPT's).	38
Capítulo 2 Indicadores de Desempeño.	40
2.1 Características.	41
2.2 Indicadores de desempeño y el proceso de perforación	43
2.3 Macroactividades.	46
2.3.1 Perforando.....	46
2.3.2 Circulando.....	46
2.3.3 Repasando	48
2.3.4 Sacando	49
2.3.5 Metiendo	49
2.3.6 Superficie.....	50
2.3.7 Rebajando cemento	50
2.3.8 Estacionados.....	51



Capítulo 3 Análisis de Intervenciones de la Región.....	52
3.1 Equipo Fijo ECO	52
3.1.1 Características del equipo.	52
3.2.2 Pozo E-53	53
3.3.3 Pozo E-74	60
3.3.3 Análisis E-53 vs E-74	67
Capítulo 4 Optimización de equipos modulares.....	120
4.1 Propuesta de optimización.....	121
4.2 Análisis costo-beneficio	128
Capítulo 5 Conclusiones.....	129
Referencias.....	1334



Introducción.

La competitividad que demanda la industria petrolera, ante el incremento de la oferta de hidrocarburos, dirige a las empresas perforadoras a tener como objetivo principal la optimización de la perforación con la toma de decisiones en el diseño y ejecución más eficientes que conduzcan a la reducción de tiempos y costos. El costo de un pozo incluye varios factores, tales como: la renta del equipo de perforación, las tuberías de revestimiento, los distintos componentes del equipo, el personal operativo, fluidos de perforación, entre otros, sin embargo, una gran parte de este se refleja en la construcción del pozo y esta se considera sensible al tiempo, lo que significa que depende de este en que se realiza la perforación, terminación o reparación de un pozo con éxito, por lo tanto, es importante su optimización en las operaciones.

Para enfrentar estos retos es importante implementar una metodología basada en indicadores de desempeño (KPI's por sus siglas en inglés, *Key Performance Indicators*) que permita asegurar el control del proceso, logrando la meta establecida para cada etapa durante la construcción del pozo, deben ser monitoreados para tomar las acciones preventivas y correctivas durante la ejecución; los KPI's deben reflejar el comportamiento de la situación actual y tendencias futuras, al igual que generar planes de acción para la aplicación inmediata a corto plazo y así poder alcanzar los objetivos establecidos, minimizando las desviaciones registradas las cuales pueden ser documentadas como áreas de oportunidad o lecciones aprendidas para su inmediata atención.



Objetivo.

Analizar los procesos operativos durante la perforación de los pozos dentro del campo Ku – Maloob – Zaap para el incremento de la eficiencia del proyecto a través del establecimiento de indicadores de desempeño, estos nos ayudarán a visualizar de una manera efectiva las áreas de oportunidad en las cuales se debe optimizar los tiempos de operación, resaltando la importancia de una buena planificación, programación, ejecución y trabajo en equipo para obtener resultados exitosos mediante el uso de conceptos teóricos, información de artículos técnicos y datos de campo.

Objetivos particulares.

- Realizar un análisis de los tiempos ejecutados durante las distintas actividades de la perforación en sus diferentes etapas del desarrollo del pozo, este análisis considerará las características de los equipos Fijos por Administración que se encuentran dentro de la región para poder identificar áreas de oportunidad y lograr optimizar las operaciones.
- Mejorar la programación de tiempos dentro del programa de perforación, basados en operaciones específicas de un determinado tipo de equipo.
- Optimizar los tiempos operativos del programa de perforación con base en la ejecución y experiencia operativa.
- Visualizar una proyección de los beneficios obtenidos tras la optimización de tiempos en costos y producción.



Capítulo 1 Antecedentes.

La perforación de pozos es un proceso complejo que requiere de diversos factores tales como: la selección del equipo de perforación, análisis de características del campo, diseño del programa de la intervención, entre otras.

La selección del equipo es lo primordial debido a que es el instrumento principal para las operaciones, por lo tanto, debemos de asegurar que se cubran los requerimientos solicitados para la intervención próxima a realizar. La localización del objetivo nos da pauta a la elección de este mediante el primer criterio, el ambiente a perforar, en este caso de estudio nos enfocaremos en el ambiente marino.

El diseño del programa de perforación se debe realizar a través de grupos multidisciplinarios (geólogos, geofísicos, ingenieros de yacimientos, ingenieros petroleros, economistas, por mencionar algunos), inicialmente en el diseño se consideran todos los estudios relacionados con el campo, como: modelo geológico local, caracterización del campo, modelo estructuras, por mencionar algunos. Esto con la finalidad de realizar un correcto diseño de trayectoria, modelo reológico, programación de asentamientos, selección de barrenas, tuberías y materiales. De igual forma es necesario considerar los problemas que se han presentado en pozos de correlación para realizar el diseño con los ajustes en los tiempos y programación de actividades de contingencia ante la presencia de estos.

1.1 Equipos de perforación.

El primer equipo de perforación surgió a raíz de la “Revolución industrial” el cual era una simple herramienta manejada a mano por un muelle de poste de perforación que fue transformada en un equipo de perforación con mesa rotaria.

Durante el desarrollo de la industria petrolera, se utilizaban dos métodos básicos de perforación¹. Perforación asistida por cable, fue el método principal utilizado y fue un mejoramiento con respecto a la técnica de muelle de poste; está consiste en colocar un

¹ SLB (2004) , Introducción al equipo de perforación.



cable encima del agujero del pozo y deja caer una herramienta cortante al fondo. La herramienta se levanta y luego se deja caer con pesos pesados, el impacto era lo que perforaba.

El otro método básico fue la perforación hidráulica rotaria en donde la barrena estaba conectada a un tubular que era rotado en la superficie. A pesar del desarrollo de barrenas en 1909, que podían perforar formaciones duras, le tomo 20 años a este método rotatorio dominar la industria como lo hace hoy en día.

Los equipos se han adaptado a las características y requerimientos que las operaciones demandan, promoviendo así el desarrollo tecnológico en el diseño de estos.

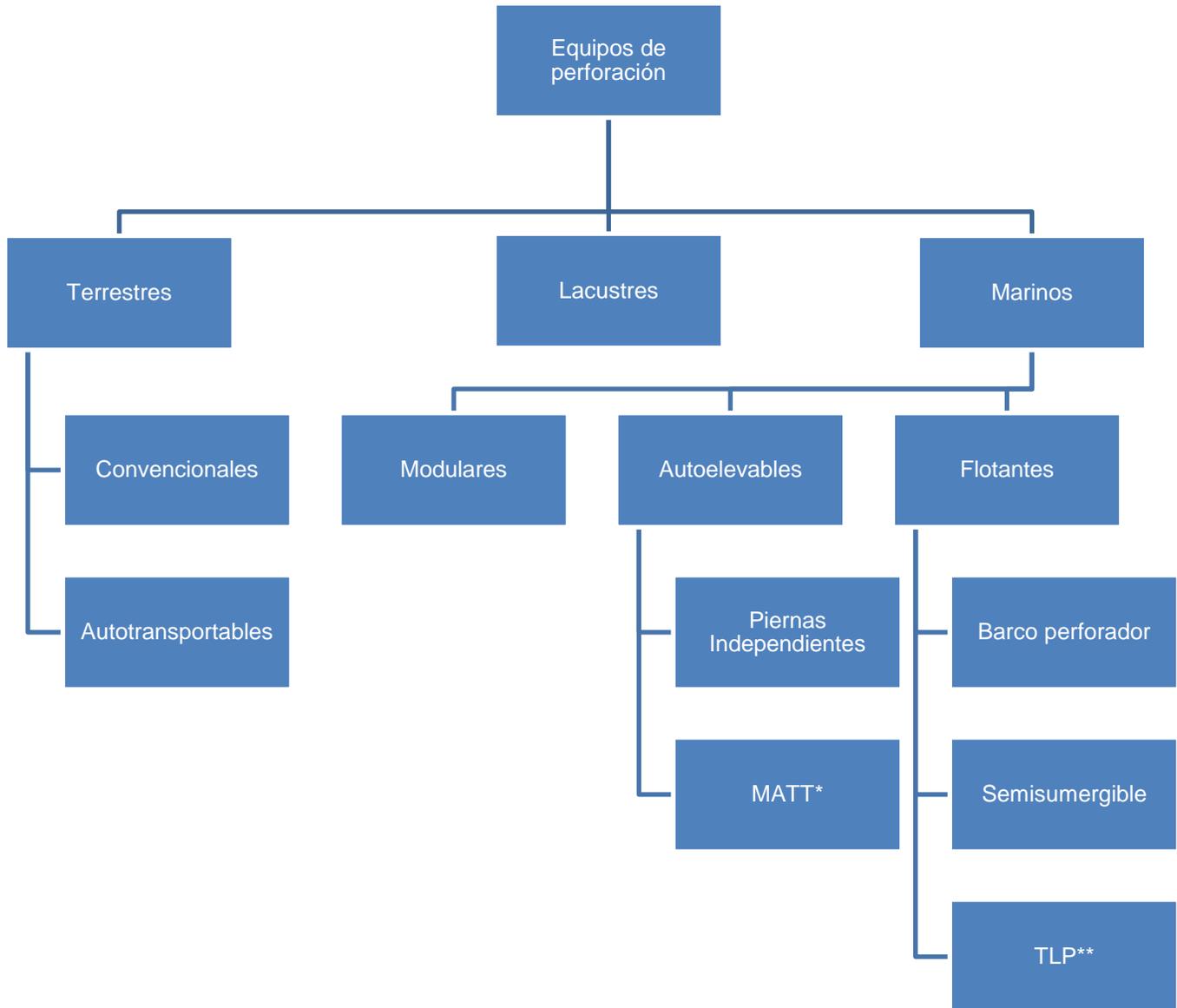
1.1.1 Clasificación de equipos.

Existen distintas consideraciones que son fundamentales para el diseño de cualquier programa de pozo. La selección del tipo de equipo de perforación y la capacidad de sus componentes, son algunas de las consideraciones básicas a tener para el diseño y construcción de un pozo.

Algunos elementos a ser considerados en la selección del equipo de perforación, son:

- Ambiente por perforar
- Rangos de profundidad y diámetros del pozo
- Presiones de formaciones esperadas
- Preventores (Blow Out Preventors – BOP'S)
- Conexiones Superficiales de Control (C.S.C.)

Una clasificación general de acuerdo con el ambiente a perforar es:



*MATT. – Se le da ese nombre por el arreglo que es parecido a una mantarraya y que es el conjunto de patas y una plancha de la plataforma autoelevable que sirve como base de sustentación y que se posiciona en el fondo para elevar el casco a la altura de trabajo.

**TLP (*Tensión Leg Plataformas*). - Plataformas con piernas tensionadas.

Gráfico 1.- Clasificación de equipos de perforación (perforación rotaria, SLB)



1.1.2 Equipos Marinos.

Al inicio los equipos de perforación marina fueron equipos terrestres colocados sobre una estructura para perforar, usando mismas técnicas que la perforación en tierra. Se les denominó móviles de perforación a los equipos convencionales de tierra montados sobre plataformas autoelevables, semisumergibles y barcos perforadores. Esta técnica se utilizó durante un tiempo, al nacer la necesidad de perforar en aguas más profundas se creó el área de diseño de estructuras costafuera. Junto con los nuevos conceptos de ingeniería comenzó una generación de equipos de perforación ahora ya conocidos, como:

- Equipo Modulares
- Equipo Fijo
- Equipo autoelevable
- Semisumergibles
- Barco perforador

Los equipos autoelevables tienen la característica de trasladarse de una localización a otra mediante el apoyo de barcos remolcadores, los semisumergibles y barcos se mueven autónomamente. En la Región Marina Noreste, predominan los equipos fijos, modulares y autoelevables.

1.1.2.1 Equipos Fijos.

Los equipos fijos se componen de estructuras de acero, se encuentran instalados en el lugar de operación con pilotes hincados en el fondo marino. Han sido los preferidos en los yacimientos localizados en tirantes de agua de 40 a 130 m de profundidad. Estos son diseñados y tienen la capacidad de recibir todas las herramientas, materiales, alojamiento del personal y equipo de producción, así como todas las instalaciones necesarias.

Estos equipos cuentan principalmente con los siguientes componentes:

- Sistema de elevación y rotación
- Torre
- Zona de presas
- Grúas
- Silos
- Mástil
- Fuente de potencia
- Sistema de circulación



Imagen 1.- Plataforma Fija



Son llamados modulares derivado a que se comprenden de 6 paquetes, los cuales son:

Paquetes	Dimensiones (m)	Superficie (m ²)
Habitacional	19.5 x 18.5 x 6.92	360.75
De presas	18.31 x 19.93	364.91
De líquidos	3.20 x 18.29 x 5.49	58.52
De silos	7.32 x 21.33 x 6.71	156.13
De maquinas	10.36 x 21.33 x 6.71	220.97
De perforación	13.72 x 17.68 x 11.16	242.56
De bomba de lodos	7.93 x 21.33 x 6.71	169.14
Superficie Total		1,572.98

Tabla 1.- Dimensiones generales de un equipo modular, PEMEX

Este tipo de estructuras cuenta con dos pisos o niveles:

- **De producción**

Este piso se encuentra a 15.9 m (52 pies) ó 18.90 m (62 pies) del nivel del mar, contiene las conexiones superficiales de explotación tales como árboles de válvulas, bajantes, líneas de recolección, equipos de medición de producción, tableros de control, etc.

- **De trabajo o perforación**

Se encuentra a 20.7 m (68 pies) ó 28.05 m (92 pies) del nivel del mar. En él se localizan los rieles de deslizamiento de la torre de perforación y donde se acomodan dichos paquetes.

1.1.2.2 Equipos Autoelevables.

Estos equipos se utilizan para perforación, terminación y reparación de pozos, en aguas preferentemente con un máximo de 90 m de tirante de agua². Se componen de un casco el cual es una estructura en forma de balsa; este proporciona flotabilidad y soporta el peso de las piernas cuando no están apoyadas, las piernas de soporte son estructuras de acero que soportan el casco cuando la unidad está en operación.

Su posicionamiento se dá cuando el casco llega a su ubicación, se bajan las patas a fondo del mar, por medio de bombeo de agua a alto gasto a líneas que llegan hasta la base, estas penetran el lecho marino con el casco precargado con agua, hasta alcanzar suelo firme, se vacía el casco y se levanta hasta el nivel programado, se vuelve a cargar de agua para verificar que no se deslice.

La selección de plataformas autoelevables³ se realiza con base en:

- Tirante de agua
- Longitud de patas
- Tipo de estructura
- Profundidad del pozo
- Condiciones meteorológicas probables
- Evaluación de los límites de operación de la plataforma, compresibilidad del suelo y condiciones oceanográficas en el sitio de instalación.

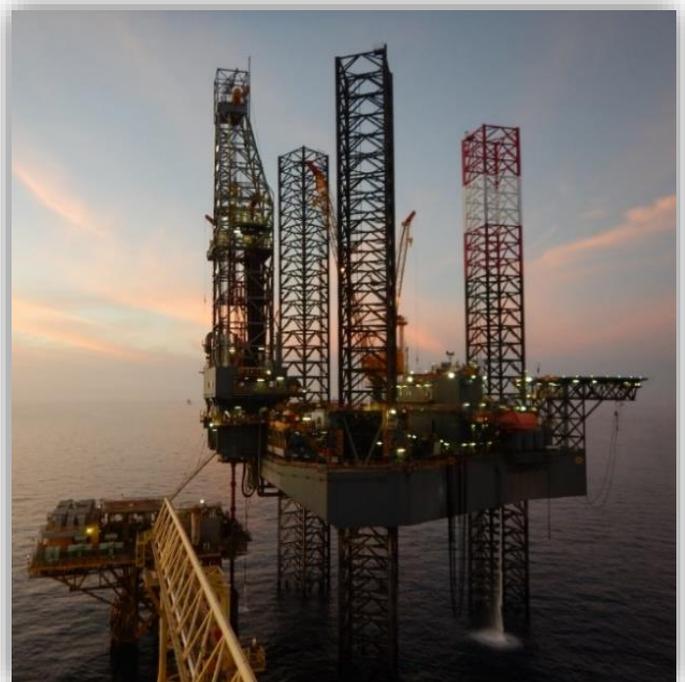


Imagen 2.- Plataforma Autoelevable

² SLB, Equipos de perforación Rotaria.

³ PEMEX (2012). - Plataformas Marinas para perforación, terminación y reparación de pozos. - Arrendamiento, NRF-037-PEMEX-2012, México



1.2 Campo Ku Maloob Zaap.

Pertenece al Activo Integral de Producción Bloque AS01, es el primer complejo petrolero en importancia en términos de reservas probadas de hidrocarburos y producción de crudo en el país. La administración y responsabilidad de este Activo, le corresponde a la Región Marina Noreste.

Desde el año 2017, el Bloque AS01 – 02 alcanzó la mayor producción de crudo con 858 miles de barriles diarios⁴, cuenta en la actualidad con 10 equipos operando⁵.

Este se encuentra integrado por los yacimientos Ku, Maloob, Zaap, Ayatsil, Bacab y Lum naturalmente fracturados, localizado dentro de la denominada Sonda de Campeche a 105 kilómetros al noreste de Ciudad del Carmen, cubriendo un área aproximada de 149.5 km².

Por sus volúmenes de producción de aceite, aporta al país 50.5%⁶ lo cual lo consolidan como el campo más importante de la región. Los yacimientos Ku, Maloob y Zaap producen aceite de 12 a 25 °API con viscosidades que varían de 08 a 12 cp; por las características del aceite, estos se clasifican como aceite pesado.

Fueron nombrados en honor a la cultura maya que predominó en la zona de Campeche y Yucatán. Su significado es el siguiente:

- Ku – Nido
- Maloob – Bueno
- Zaap – Braza
- Bacab – Columna
- Lum – Tierra
- Ayatsil – Dádiva

⁴ PEMEX.(2018). Evaluación de las reservas de hidrocarburos. Subdirección de Recursos Prospectivos y Auditoría de Reservas de Hidrocarburos de Pemex Exploración y Producción.

⁵ Junio 2019

⁶ PEMEX.(2019). PEP Resumen Operativo de crudo Junio 2019

Yacimiento KU



Descubierto en 1979 con la perforación de los pozos exploratorios Ku-1 y Ku-101 La primera producción se obtuvo en 1986 con el pozo Ku-10.

Yacimiento MALOOB



Descubierto en 1979, con la perforación del pozo Maloob-1, en 1985 inicia la explotación de este yacimiento con una producción inicial de 940 bpd de aceite.

Yacimiento ZAAP



Descubierto en 1990 con la perforación del pozo exploratorio Zaap-1, teniendo como objetivo principal probar las rocas del Kimmeridgiano.

Yacimiento AYATSIL



Descubierto en 2007, con la perforación del pozo Ayatsil-1 y fue delimitado en 2008 por el pozo Ayatsil-DL1, ambos pozos produjeron crudo pesado de 11° API.

1.2.1 Generalidades de los yacimientos.

La presión inicial del campo fue de 281 kg/cm², mientras que actualmente la presión de saturación para Ku es 105 kg/cm², para Maloob y Zaap de 216 kg/cm², como se observa en las imágenes 3 y 4⁷.

⁷ Perez Ernesto, Prado Gustavo, (2013). Desarrollo de Campos Marginales-Caso de Estudio: Campo Ku Maloob Zaap Eoceno Medio, México.

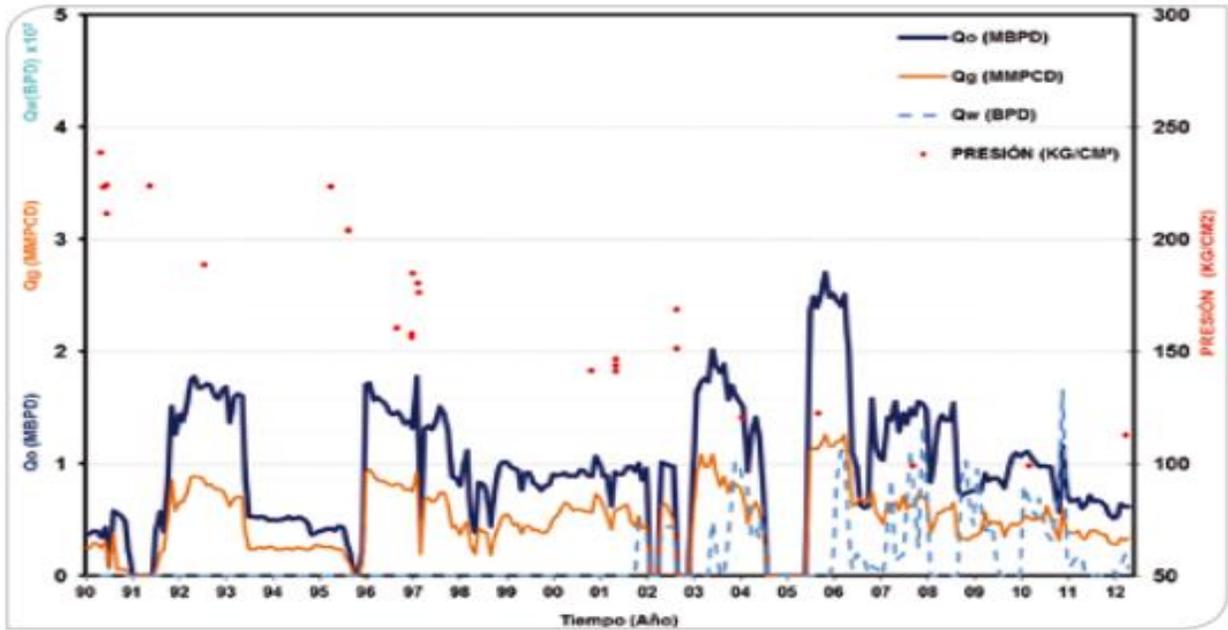


Imagen 3.- Histórico de producción Ku

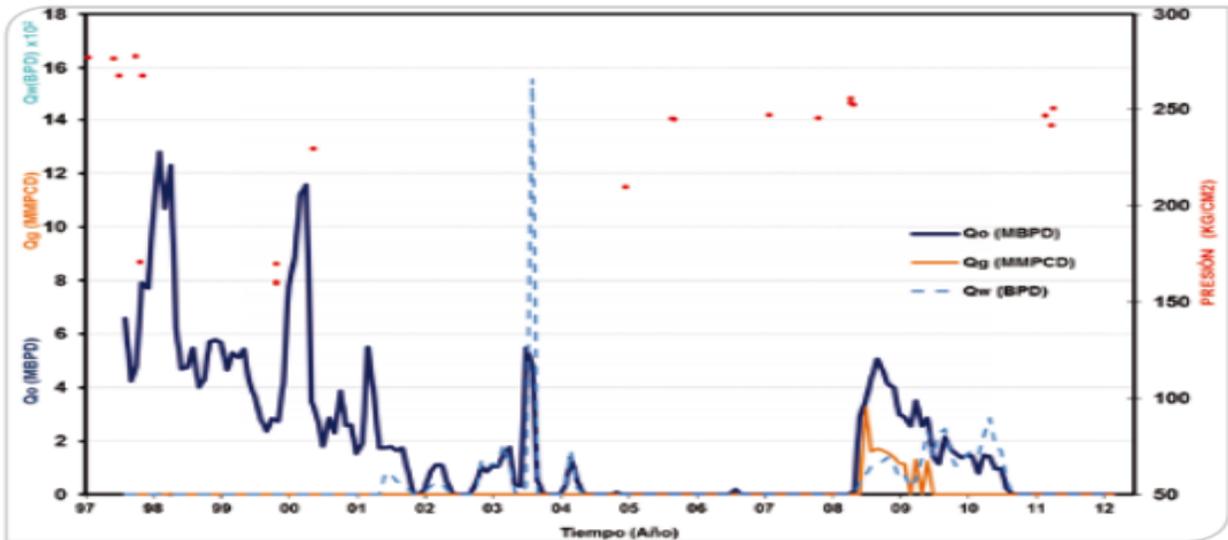


Imagen 4.- Histórico de producción Zaap

1.2.2 Localización.

Regionalmente, El Campo Ku Maloob Zaap, se localiza al noreste del Pilar de Akal, limitando al Este con la Plataforma de Yucatán, al oeste con la provincia Salina del Istmo y al Sur con la Fosa de Macuspana.

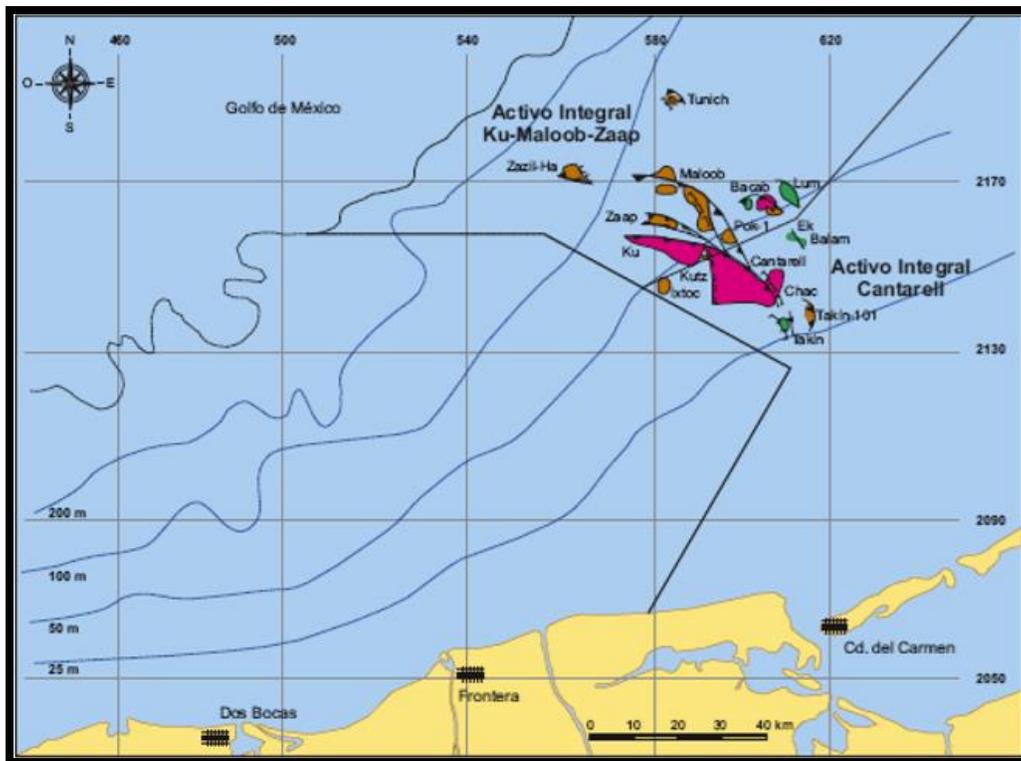


Imagen 5.- Ubicación del Campo Ku - Maloob- Zaap (Pemex, 2007)

1.2.3 Características Geológicas

Dentro de la región se han identificado tres principales sistemas generadores de hidrocarburos:

- Eoceno Medio
- Brecha del Terciario Paleoceno Cretácico Superior
- Jurásico Superior Kimmeridgiano



Con base en estudios geoquímicos y correlaciones roca-aceite algunos autores⁸ consideran al subsistema Tithoniano como el principal generador, con una aportación de más del 90% de las reservas probadas y de la producción acumulada. Estas rocas generadoras del Jurásico Superior Tithoniano corresponden a lutitas bituminosas y calizas arcillosas con un alto contenido de materia orgánica y de amplia distribución regional.

Roca Almacenadora	Roca Sello	Trampa
<ul style="list-style-type: none"> Formada por roca del Jurásico Superior Kimmeridgiano-Jurásico Superior Tithoniano – Cretácico Inferior y Medio – Limite Brecha Calcárea del Cretácico Superior-Paleoceno. La Brecha Calcárea está formada por clastos angulosos de caliza y dolomía, alta porosidad secundaria ocasionada por el fracturamiento y a la formación de disolución (vúgulos). 	<ul style="list-style-type: none"> Formada por una capa arcillosa y limolítica, dolomitizada e impermeable, la cual constituye la parte superior de la misma unidad de Brecha Calcárea. Paleoceno. 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo estructural, de forma anticlinal, asociadas a fallamiento normal e inverso y con cierres contra fallas o contra intrusiones salinas.

Tabla 2.-Características del sistema petrolero Región Marina Noreste

1.2.4 Estratigrafía.

La región oriente de México constituía la margen occidental de Pangea desde el Pérmico hasta el Jurásico Medio, y el Golfo de México no existía para ese intervalo de tiempo. Cantú Chapa comenta que, si el bloque de Yucatán estaba unido al Sur de Estados Unidos durante el Triásico al Jurásico Medio, entonces la separación podría haber sido antes del Jurásico Superior Oxfordiano con la llegada de la transgresión marina y su

⁸ Holguín Quiñones, 1985 y Romero-Ibarra, et al, 2001



correspondiente fauna, desde el territorio mexicano preexistente hacia el área de Louisiana, Campeche y Cuba⁹.

A través de estudios realizados a pozos de la Sonda de Campeche y de secciones medidas en afloramientos en la región sur de México, se presenta a la sucesión sedimentaria del límite Cretácico – Terciario (K/T) como un depósito claramente graduado de material grueso a fino y definen su estratigrafía en cuatro unidades:

Unidad	Descripción
1	La parte inferior está compuesta por una brecha de grano grueso con un espesor mayor a 300 metros. Presenta una estructura masiva de pobre a moderada, de litoclastos de carbonatos de 1 a 10 cm. de diámetro, en ocasiones con fragmentos de más de 30 cm; los fragmentos son de angulares a redondeados y derivados de ambientes de aguas someras, principalmente de plataforma interna y de margen de plataforma.
2	Unidad con espesor de 10 a 20 metros formada por una brecha de fragmentos de carbonatos subangulares en tamaños de medio a fino (0.1 a 1 cm.), intercalado con material de expulsión.
3	Unidad compuesta por materiales finos arenosos, limosos y arcillosos; contiene minerales de impacto como cuarzo y feldespatos de choque, fragmentos de vidrio y de carbonatos. Esta unidad es impermeable con espesor variable entre 25 y 30 m.
4	Unidad correspondiente a una brecha calcárea de grano fino a medio, con espesor aproximado de 10 metros; está compuesta por clastos de subangulares a subredondeados, de calizas y dolomitas en tamaños de 0.1 a 2.5 cm. Esta unidad se encuentra intercalada en la unidad 3 y su presencia no es constante en el área.

Tabla 3.-Estratigrafía (Grajales Nishimura, et. Al (1999) – Murillo Muñetón, et. Al (2002)).

Las rocas que conforman la columna estratigráfica de la Región Marina Noreste, donde se ubican los yacimientos de Ku – Maloob – Zaap, fueron depositados en una cuenca sedimentaria dentro del Golfo de México, y han estado sujetas a varios factores que condicionan sus características, tales como los factores mencionados anteriormente.

⁹ Cantú-Chapa, (2001). Mexico as the Western Margin of Pangea Based on Biogeographic Evidence from the Permian to the Lower Jurassic, IPN, México.



Imagen 6.- Columna geológica tipo, zona marina (Sánchez Hilarión)



La brecha calcárea, es parte de una sucesión sedimentaria que contiene características estratigráficas, sedimentológicas y mineralógicas que sugieren un origen genético asociado al impacto de un meteorito, conocido como Chicxulub, en el norte de la Península de Yucatán¹⁰.

1.3 Eventos de mayor impacto en el campo.

Durante la perforación se pueden presentar diversos eventos ocasionados por distintos factores generando riesgos operacionales, aumentando el tiempo de desarrollo y por consiguiente costos de operación.

Antes de iniciar una perforación, se deben realizar los estudios correspondientes tales como: registros geofísicos y parámetros de perforación de pozos de correlación, estudios de la sísmica estructural, análisis petrofísicos, gravimetría, trayectoria programada, alcance y limitaciones del equipo, análisis de puntos críticos de cada etapa, entre otros; al efectuar dichos análisis se realiza una adecuada programación de la intervención.

En el Golfo de México, los problemas relacionados con la integridad de los pozos, tales como el atrapamiento de la sarta, el colapso del pozo, la presencia de lutitas deleznable y las pérdidas de circulación, dan cuenta del 44 % del tiempo no productivo, NPT (*Not Productive Time* por sus siglas en inglés) que impide el avance de la barrena hacia su objetivo¹¹.

1.3.1 Atrapamientos.

Es uno de los problemas más costosos y de gran consumo de tiempo, por lo tanto, se deben tomar las medidas posibles para evitar su incidencia.

Al presentarse un atrapamiento, se deben tomar diversas medidas dependiendo del tipo que este sea, ya sea activar el martillo o bombear baches para poder recuperar la sarta. Lo anterior implica un desgaste en todos los componentes debido a que están sometidos a diversos esfuerzos, sin embargo, en caso contrario que no sea exitosa la recuperación se evaluarán las acciones a tomar para continuar con la operación. Esto impactará en el

¹⁰ Grajales Nishimura, et al, 2000; Murillo Muñetón, et al,2002

¹¹ Cook John, Growcock Fred, et. al. (2012). Estabilización del pozo para prevenir pérdidas de circulación, SLB.



aspecto económico de la construcción del pozo, debido a que la pérdida de un BHA de 8” con estabilizadores, moneles, herramientas direccionales (MWD-LWD) y un equipo rotatorio tiene un costo promedio de \$1,000,000 USD.

Al presentarse se debe actuar con rapidez ya que entre más tiempo quede la sarta atrapada, aumenta el riesgo de que la operación resulte sin éxito.

La sarta puede atraparse ya sea por un problema mecánico o por presión diferencial.

- Problema Mecánico

Acumulación de recortes	Descripción	Acumulación de recortes de perforación en el agujero, ocasionando una reducción en el diámetro de este; se presenta en zonas agrandadas donde la velocidad anular es más baja y no se tiene un adecuado acarreo de los recortes. Una correcta limpieza del agujero.
	Causas	La limpieza correcta del agujero nos ayuda a la eliminación de sólidos para que la sarta y tubería se desplacen correctamente durante la perforación. Sin embargo, se puede presentar: <ul style="list-style-type: none">• Un gasto de circulación bajo.• Propiedades no adecuadas de lodo.• Tiempo de circulación insuficiente.• Velocidades de penetración muy elevadas en relación con la velocidad de circulación determinada.• Pozos con alto grado de desviación.
	Prevención	<ul style="list-style-type: none">• Mantener una buena reología del fluido de perforación.• Circular baches de lodos de alta viscosidad.• Verificar que la cantidad de recortes sea proporcional a la velocidad con la que se va perforando.
Formaciones Fracturadas	Descripción	En un sistema naturalmente fracturado como los yacimientos presentes en México, se pueden presentar derrumbes por la inestabilidad de la formación, debido a que dentro del agujero se presentan vibraciones debido al movimiento de la sarta de perforación.
	Causas	Este tipo de formaciones son más inestables, los derrumbes pueden ser ocasionados por: <ul style="list-style-type: none">• Vibraciones de la sarta de perforación.• Pandeo de la tubería de perforación.• Enjarre inadecuado.
	Prevención	<ul style="list-style-type: none">• Minimizar la vibración de la sarta de perforación.• Monitorear que no se presente un aumento en torque y arrastre.• Reología adecuada.

Tabla 4.-Causas problemas mecánicos (Prevención de atrapamiento de tubería, SLB 2004).



- Presión diferencial

Los atrapamientos por presión diferencial, principalmente, son ocasionados cuando perforamos a través de una zona de presión anormal, esta puede provocar que la diferencial de presión sea tal que la sarta se adhiera a la pared del pozo. Dentro del Campo Ku – Maloob – Zaap se encuentran zonas de cuerpos carbonatados, que son zonas de pérdida parcial o total de circulación.

Sus principales causas son:

- a) Periodos largos de mantener la sarta estacionada.
- b) Presión Hidrostática > Presión de Formación

Se pueden tomar diversas medidas preventivas, como:

- a) Mantener la sarta en rotación y/o con movimiento recíprocante.
- b) Utilizar las herramientas helicoidales, como Drill collar y HW para limitar área de contacto con la formación.
- c) Uso de obturantes en el fluido de perforación, etapas intermedias.
- d) Mantener el espesor del enjarre, controlando el filtrado y el contenido de sólidos.

1.3.2 Pérdidas de circulación

Las pérdidas de fluido son la reducción o ausencia total de flujo en superficie. El fluido tiene varios objetivos como el acarreo de recortes, limpieza del agujero y mantener su estabilidad, entre otros; algunos de estos se ven afectados por la pérdida de circulación, consecuente a lo anterior se necesita mantener la presión hidrostática en el espacio anular y prevenir el ingreso de los fluidos de formación en el pozo durante el proceso de perforación.

Para poder identificar las pérdidas, se deben monitorear los cambios de volumen del lodo de perforación en las presas, en todos los equipos se debe llevar una constante vigilancia de los volúmenes para poder así saber la cantidad de lodo que se está recuperando, este volumen debe ser equivalente al que se está introduciendo en el pozo.

Existen diversas situaciones, que provocan una pérdida de circulación de manera natural:

- Arenas no consolidadas.
- Formaciones naturalmente fracturadas.
- Yacimiento depresionados, en donde la perforación se debe llevar a cabo considerando las buenas prácticas operacionales.
- Formaciones que se han fracturado por problemas operativos.

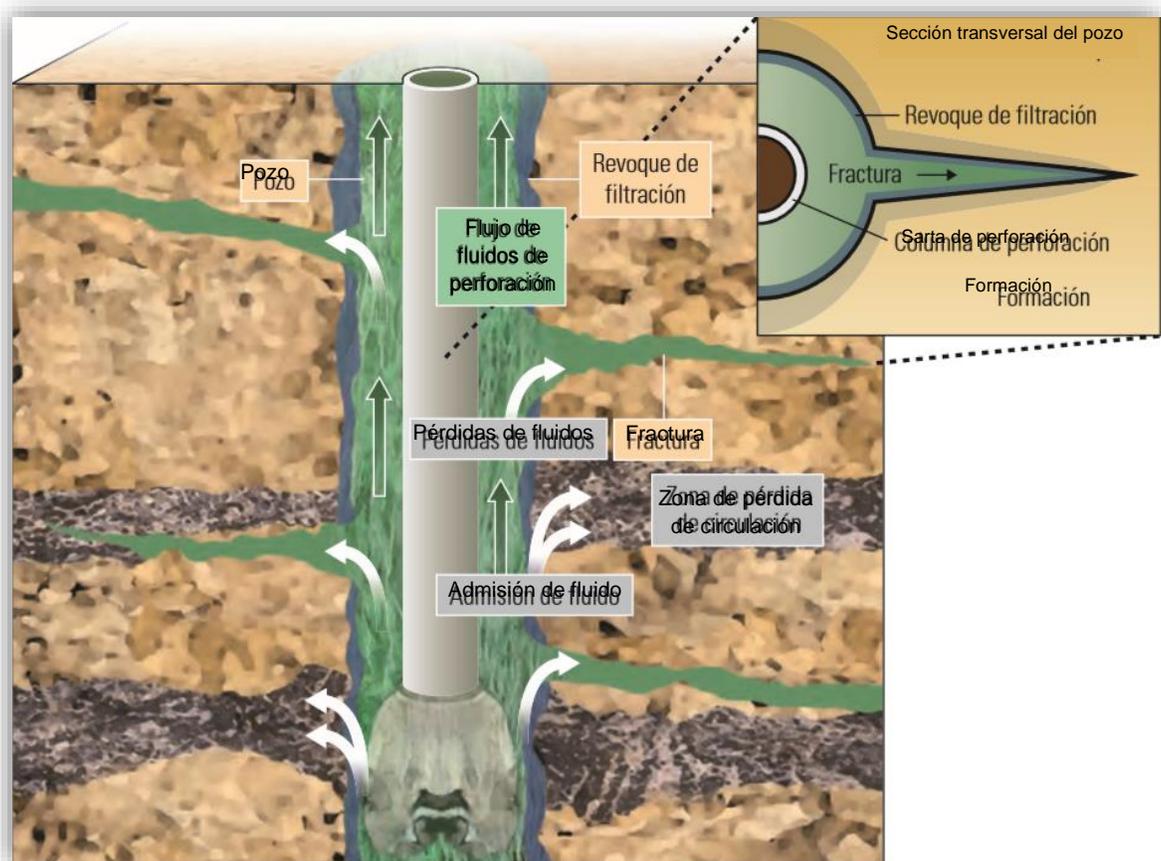


Imagen 7.- Mecanismos de del fluido de perforación (SLB, 2012 modificado)

En algunas ocasiones la pérdida de circulación se produce si la roca se encuentra naturalmente fracturada, es altamente porosa. Si la presión del pozo es mayor que la presión de poro, se formarán fracturas. Sus características pueden ser identificadas y clasificadas en dos distintas formas como: pérdida parcial y pérdida total¹².

¹² Cook John, Growcock Fred, et. al. (2012). Estabilización del pozo para prevenir pérdidas de circulación, SLB.



- **Pérdida parcial.**

Estas pérdidas se producen generalmente por el flujo de fluido hacia los poros de la formación, derivado de las características de la litología. La velocidad de la filtración es en función del sobrebalance y la permeabilidad de la roca.

- **Pérdida total.**

Estas pérdidas son consideradas severas, en ellas no existe retorno de ningún volumen de fluido de perforación a la superficie. Las consecuencias de este tipo de incidente pueden implicar descontrol del pozo, esto dependerá de las condiciones de presión del yacimiento.

En la siguiente tabla se describen los problemas presentados con mayor probabilidad de recurrencia en el campo Ku – Maloob – Zaap para cada etapa.

Diámetro barrena	Parámetro	Probabilidad	Severidad	Nivel de riesgo	Mitigación de Riesgos
36” 91.44 cm	Resistencia al inicio de la perforación.	Baja	Medio	1.732	Limpieza de lecho marino con pescante magnético y/o buzos.
	Problemas al introducir conductor.	Baja	Baja	1.501	Verificar la alineación del equipo y cazuelas. En caso de ser necesario retirar las cazuelas.
26” 66.04 cm	Pérdidas de circulación en zonas permeables.	Media	Bajo	1.732	Perforar con la densidad mínima programada. En caso de presentar pérdida total perforar con agua de mar y bombeo de baches bentónicos viscosos.
	Resistencias, fricciones, arrastres y embolamientos.	Baja	Bajo	1.501	Diseño de fluidos de perforación de acuerdo con programa. Optimizar la logística de materiales para evitar tiempos de exposición del agujero por esperas.
	Cemento no llega a superficie.	Muy Baja	Medio	1.414	Colocar anillos de cemento entre las tuberías de 30" y 20".
	Acercamiento con pozos vecinos.	Muy baja	Medio	1.414	Tomar registro giroscópico previo al inicio de la perforación de la etapa y de ser necesario ajustar el plan direccional superficialmente. Perforar con jetteo y deslizando y con GWD.



Diámetro barrena	Parámetro	Probabilidad	Severidad	Nivel de riesgo	Mitigación de Riesgos
18 ¼” 46.35 cm	Pérdidas de circulación.	Bajo	Bajo	1.501	Perforar con densidad de 1.45 g/cm³ . Bombear baches obturantes de carbonato de calcio fino y medio de manera preventiva para evitar pérdida de circulación en las arenas permeables.
	Resistencias, fricciones y atrapamientos.	Muy Baja	Medio	1.414	Bombear baches viscosos de limpieza. Manejar un gasto óptimo y tiempos de circulación y monitoreo de la DEC. Mantener la salinidad del fluido de Emulsión Inversa entre 200,000 – 210,000 ppm. Repasar puntos de resistencia o fricciones identificados durante el viaje de reconocimiento previo a la bajada de TR. Minimizar el tiempo de exposición del fluido de control con la formación. Colocar baches pesados al término de la perforación de las etapas superficiales.
	Gasificación.	Medio	Bajo	1.732	Agregar H ₂ S e incrementar la densidad hasta el máximo valor programado en la etapa, de ser necesario.
14 ½” 36.83 cm	Perdidas de circulación.	Baja	Medio	1.732	Perforar con la densidad mínima programada. Bombeo de baches de material antes de llegar a la profundidad de asentamiento. Monitorear de manera continua la densidad equivalente de circulación con previo acondicionamiento de lodo.
	Resistencias, fricciones, arrastres y atrapamientos.	Media	Medo	1.999	Mantener las propiedades reológicas del fluido. Realizar análisis de higrometría para asegurar la adecuada salinidad. Mantener un índice de limpieza aceptable y utilizando el Q máximo de trabajo si el comportamiento de circulación lo permite. Monitorear el comportamiento de torque y arrastre en cada conexión. Mantener la trayectoria de acuerdo con el plan y evitar altas DLS



Diámetro barrena	Parámetro	Probabilidad	Severidad	Nivel de riesgo	Mitigación de Riesgos
14 1/2" 36.83 cm	Mal asentamiento de TR de 13 5/8 sin aislar la zona de alta presión.	Media	Alto	2.236	Perforar con registros geofísicos en tiempo real lo más cercano a la barrena (LWD) para determinar la cima del Cuerpo Calcáreo y ajustar punto de asentamiento de TR 11 7/8" con apoyo de Ingeniero Geólogo abordo.
	Problemas en la operación del ampliador. (apertura y cierre)	Muy Bajo	Alto	1.581	Probar en superficie el funcionamiento de la herramienta. Verificar los procedimientos de la compañía direccional. Contar con respaldo de ampliador.
	Perdida de circulación durante la cementación.	Alta	Medio	2.236	Colocar bache obturante previo a la introducción de la TR. Considerar el uso de fibras antes y/o durante la cementación. Realizar cementación forzada de acuerdo con la interpretación del registro CBL.
	Atrapamiento de sarta.	Baja	Alta	1.937	Verificar la limpieza del pozo. Controlar la densidad del fluido de perforación de acuerdo con programa. Evaluar la densidad equivalente de circulación. Revisar funcionamiento del sistema rotatorio. En caso de existir pérdida evaluar la pegadura diferencial.
10 5/8" 26.98 cm	Baja presión de poro y pérdidas de circulación.	Muy alta	Muy Bajo	1.732	Perforar con fluido de 1.03 g/cm ³ , debe contener aditivo inhibidor de arcillas. Suministro continuo de material químico. Una vez presentada la pérdida de circulación, levantar la sarta a la zapata anterior para esperar la estabilización del agujero y poder bajar a reconocer fondo perforado y continuar perforando.
	Resistencias, fricciones, derrumbes y atrapamientos	Alta	Alta	2.500	De presentarse resistencias / fricciones aumentar la densidad del lodo. Bombear baches viscosos de limpieza con material obturante para prevenir la pérdida de circulación y ayudar a desalojar los recortes generados durante la perforación.



Diámetro barrena	Parámetro	Probabilidad	Severidad	Nivel de riesgo	Mitigación de Riesgos
10 5/8" 26.98 cm	Atrapamientos de sarta.	Alta	Alta	2.500	Verificar la limpieza del pozo. Controlar la densidad del fluido de perforación de acuerdo con el programa. Evaluar la densidad equivalente de circulación. Revisar funcionamiento del sistema rotatorio. En caso de existir pérdida evaluar la pega diferencial. Cambiar el protocolo de perforación con pérdida de circulación parcial severa o total.
	Riesgo de gasificación.	Alta	Muy Bajo	1.581	Uso de cabeza rotatoria.
	Comunicación de yacimientos.	Baja	Alto	1.937	Asegurarse de tener una buena cementación del liner de 7 5/8" para evitar comunicar los dos yacimientos (Cretácico y Jurásico). Introducir un hinchable que sirvan como barrera.
	Mal asentamiento de TR dentro de la formación KS.	Baja	Bajo	1.501	Para asentar el liner 9 5/8" (24.44 cm) en la cima de KS, perforar a tasa controlada y con apoyo de registros geofísicos en tiempo real (LWD y MWD lo más cercano a la barrena), seguimiento en tiempo real, análisis de Geólogo en sitio y correlaciones con pozos vecinos.
	Pérdida de circulación parcial.	Alta	Alto	2.500	Utilizar la densidad del fluido de perforación de acuerdo con el programa. Incluir en el sistema material obturante. Mantener en el sistema material obturante convencional de en conjunto con otros materiales.
	Pérdida de circulación total.	Alta	Alto	2.500	Utilizar baches de barrido con material obturante especial con concentraciones máximas soportadas por la herramienta direccional. Usar válvula multiciclos para permitir bombear baches con altas concentraciones.



Diámetro barrena	Parámetro	Probabilidad	Severidad	Nivel de riesgo	Mitigación de Riegos
8 1/2" 21.59 cm	Baja presión de poro y pérdidas de circulación.	Alta	Baja	1.937	Perforar con fluido de 1.03 g/cm ³ , debe contener aditivo inhibidor de arcillas. Suministro continuo de material químico y disponibilidad de barcos loderos para la generación del fluido de perforación. Utilizar cabeza rotatoria para esta etapa debido a que se estima atravesar casquete de gas. Realizar pruebas de estabilidad y dispersión de la roca con los recortes recuperados y el fluido empleado.
	Atrapamientos de sarta.	Baja	Alta	1.937	Circular y limpiar pozo previamente a la profundidad a la que se espera perforar la zona de pérdida de circulación, una vez presentada la pérdida total de circulación levantar la barrena, para evitar un posible atrapamiento de la sarta de perforación. Contar con equipo y materiales para inyección de baches ácidos. Verificar el buen funcionamiento de la herramienta para tener el valor de la DEC a tiempo real.
	Resistencias, fricciones, atrapamientos y derrumbes.	Medio	Baja	1.732	Mantener una eficiente limpieza del agujero mediante la rotación de la sarta, tiempos de circulación después de cada lingada perforada y bombeo de baches viscosos de acuerdo con la DEC que se esté monitoreando en el APWD e iniciar con una salinidad del fluido de 200,000 ppm, analizar los recortes en temblorinas e incrementar de ser necesario paulatinamente a 210,000 ppm, debido a que las formaciones JST y JSK contienen arcillas moderadamente hidratables.
	Manifestación de gas combustible, H ₂ S y aportación de crudo en JSK.	Medio	Medio	1.999	El lodo y su filtrado deben ser monitoreados para determinar si hay presencia de sulfuro soluble. Ante la posible manifestación de H ₂ S, el sistema debe mantener una concentración adecuada de Óxido de Zinc como medida preventiva. Para controlar entrada de gas o fluido al pozo y mitigar un posible descontrol se recomienda el bombeo de baches con altas reologías y aumentar la densidad paulatinamente de ser necesario.

Tabla 5.-Problemáticas que pueden presentarse por etapa durante la perforación y medidas de mitigación (PEMEX).



Para las problemáticas que se presentan durante la perforación se calcula el índice de riesgo mediante la Tabla 6¹³, en la cual, se evalúan la severidad y la probabilidad de ocurrencia de los riesgos mencionados para poder definir la solución.

- **Severidad**

Califica el impacto o consecuencia de cada incertidumbre identificada sobre los indicadores claves de desempeño del proyecto.

- **Probabilidad**

Califica la frecuencia de ocurrencia de cada riesgo identificado.

Matriz de Severidad y Probabilidad						
Muy alto	5	1.732	2.122	2.449	2.738	3.00
Alto	4	1.581	1.937	2.236	2.500	2.738
Medio	3	1.414	1.732	1.999	2.236	2.449
Bajo	2	1.225	1.501	1.732	1.937	2.122
Muy bajo	1	1.000	1.225	1.414	1.581	1.732
Severidad		1	2	3	4	5
	Probabilidad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

Donde la prioridad de atención se clasifica:

	De:	A:
Alta	2.401	3.00
Media	1.701	2.400
Baja	1.00	1.700

Tabla 6.-Matriz para asignación de índice de riesgo

Los valores establecidos en la matriz anterior se construyen con la opinión de expertos, quienes evalúan de cada proyecto anterior, la severidad y la probabilidad de ocurrencia de los mencionados en la Tabla 5 a través de estadística.

Para la correcta lectura y aplicación de la matriz mostrada en la Tabla 5, inicialmente se identifican los eventos recurrentes presentados en la etapa en que se encuentre, posteriormente se identifican los valores de probabilidad y severidad de estos, los cuales se encuentran en un rango que va desde muy bajo a muy alto con una ponderación de 1 a 5 respectivamente.

¹³ PEMEX (2015). Guía operativa para el diseño de intervenciones a pozos aplicando la metodología VCDSE, México.



Matriz de Severidad y Probabilidad						
Muy alto	5	1.732	2.122	2.449	2.738	3.00
Alto	4	1.581	1.937	2.236	2.500	2.738
Medio	3	1.414	1.732	1.999	2.236	2.449
Bajo	2	1.225	1.501	1.732	1.937	2.122
Muy bajo	1	1.000	1.225	1.414	1.581	1.732
Severidad Probabilidad		1	2	3	4	5
		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

Se ingresa a la matriz por el eje horizontal (probabilidad) proyectado buscando el correspondiente vertical (severidad), encontrando el valor objetivo que nos indica el nivel de prioridad que se debe tener de acuerdo con la parte inferior de la matriz, en caso de la presencia de alguno de los eventos se tomarán las medidas de mitigación correspondientes.

1.4 Clasificación de actividades

Las operaciones de perforación se visualizan a través de la gráfica de avance (profundidad vs tiempo), de acuerdo con la normatividad¹⁴ de pozos las actividades se pueden clasificar en:

- **Perforando.**

Es el proceso que se realiza desde que se inicia la perforación del primer metro, ya sea con sistema rotatorio en pozos terrestres o marinos, o en su caso, con sistema de jetteo, hasta que se alcanza la profundidad programada de la etapa, hasta terminar con el programa.

- **Cambio de etapa.**

Se considera el inicio de cambio de etapa después de que se perfore el último metro o se tome el último registro geofísico programado en la etapa de perforación.

¹⁴PEMEX (2013), Normatividad de pozos.

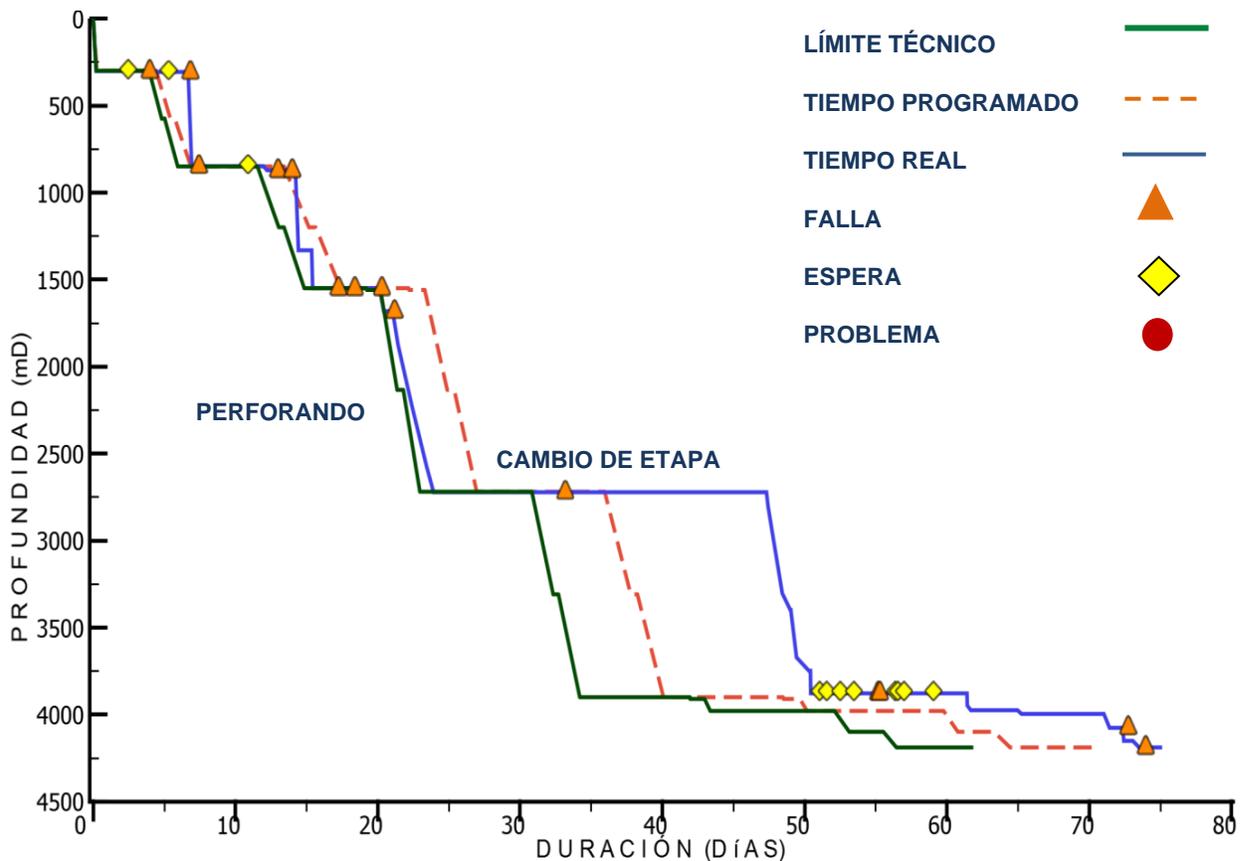


Gráfico 2.- Gráfica de avance (días vs profundidad)

1.4.1 Límite Técnico.

Es definido como el proceso mediante el cual se puede realizar una operación impecable empleando la mejor gente, las mejores prácticas, la mejor tecnología y una planificación adecuada. Se busca alcanzar un nivel de desempeño definido como el “mejor tiempo posible para la perforación de un pozo”, identificando las mejores prácticas empleadas, utilizando las lecciones aprendidas, la experiencia, el conocimiento y habilidades del personal.

El límite técnico debe conceptualizarse como una forma de “trabajar más inteligentemente”. No debe interpretarse como una forma de hacer las cosas acortando caminos, comprometiendo la seguridad, o estableciendo retos y metas irreales. Este es



aplicado principalmente en pozos de desarrollo, donde se cuenta con suficiente información de pozos de correlación.

Existen casos donde se podrán lograr reducciones de tiempos adicionales a través de la aplicación de tecnologías que agreguen valor al proceso. Estas reducciones adicionales serán tomadas en consideración para la determinación del límite técnico.

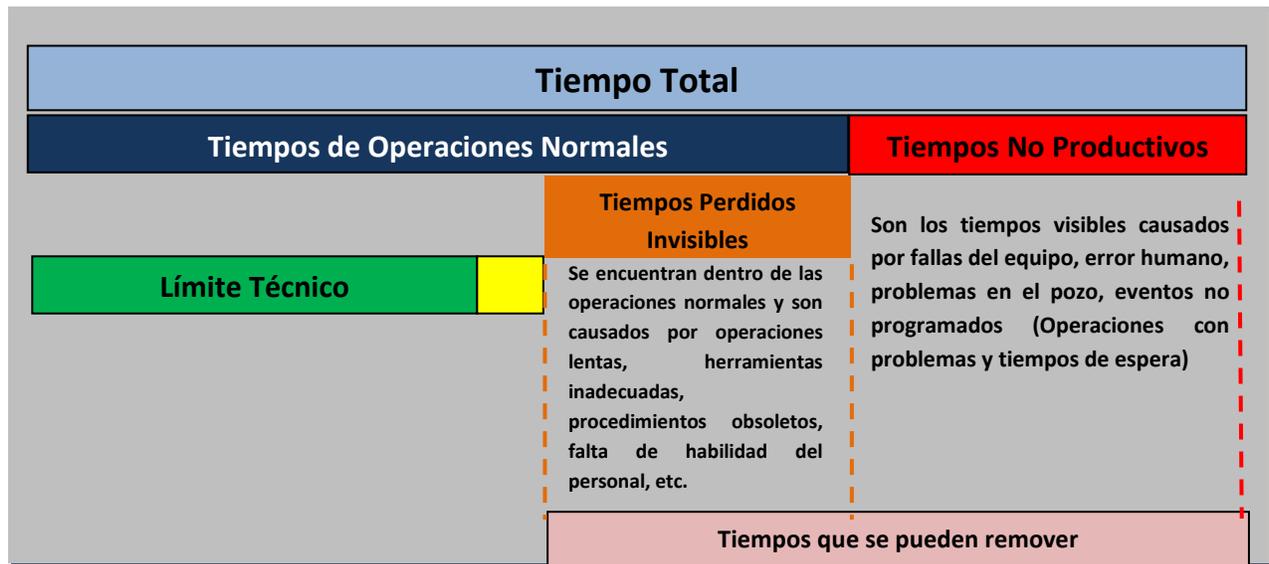


Tabla 7.-Límite Técnico y su impacto en los tiempos de perforación (Pemex 2015, Metodología VCDSE)

1.4.2 Tiempos No Productivos (NPT's).

Se considera tiempo no productivo a cualquier evento que interrumpe el progreso de una operación planificada causando un retraso; incluye el tiempo necesario para resolver el problema, falla o espera que se presente durante la operación hasta que la misma se reanude. Los NPT's provocan que las operaciones se retrasen y esto nos ocasiona un aumento en el tiempo y costo, se pueden definir como:

- **Problema**

Se califica como problema todo evento ocasionado por variaciones de la formación tales como: atrapamientos, perdidas parciales de circulación



- **Falla**

Anomalía que se presente en el equipo de perforación, por ejemplo: fallas en bombas, top drive, malacate, grúa, unidad de silos, herramientas de registros entre otros.

- **Espera**

Tiempo transcurrido en una operación la cual fue necesaria detenerla derivado a una espera por herramienta o material, al igual que por condiciones climatológicas adversas.

La reducción de NPT's se puede lograr a través de un análisis causa raíz. "Es una de las cosas que debemos hacer para llegar a las causas fundamentales, no solo a un problema sintomático." (Kenne, 2010). Al identificar los componentes o el principal causante de los NPT's podemos continuar con la aplicación de medidas para disminuir la frecuencia de estos.



Gráfico 3.- Ejemplo de NPT's

Capítulo 2 Indicadores de Desempeño.

El término “indicador”, se refiere a datos esencialmente cuantitativos, calculables y medibles; pueden ser medidas o números que señalen condiciones o situaciones específicas y nos permiten conocer los estados técnicos, económicos, financieros, de producción, de calidad de logísticas y de servicio del proceso de la intervención del pozo, para la correcta toma de decisiones.

Los indicadores de desempeño (KPI's por sus siglas en ingles *Key Performance Indicators*) se basan en el principio de Benchmarking, este es un proceso en el cual existe una constante evaluación y comparación con los datos obtenidos anteriormente, específicamente con los que cuentan con un mejor desempeño o valor representativo¹⁵, al realizar este análisis nos ayuda a aumentar la competitividad y la eficiencia de los procedimientos.

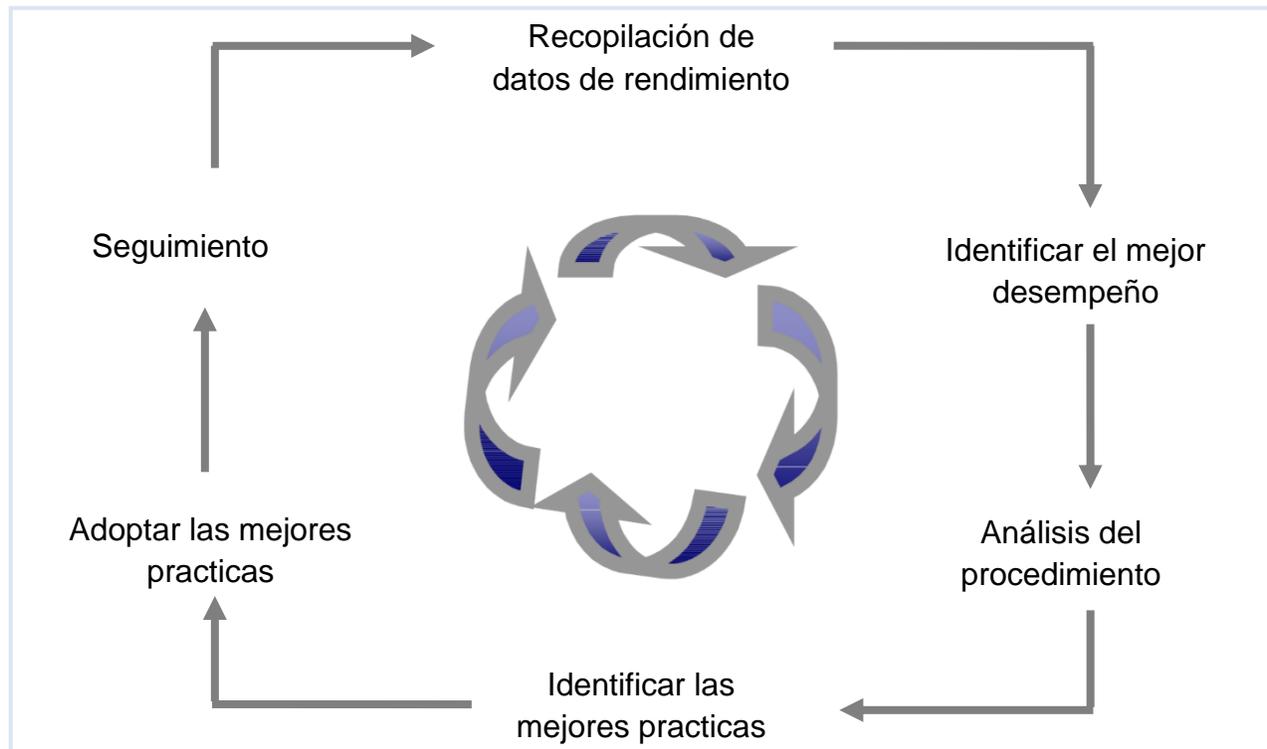


Gráfico 4.- Proceso Benchmarking (Valdez Hugo, SPE 2006).

¹⁵ Valdez Hugo, Sager Juergen, (2006). Benchmarking Drilling Performance: Achieving Excellence in MODU'S Operating Practices for Deepwater Drilling, SPE/IADC 92235



De manera general, el desarrollo de los KPI's se efectúa de la siguiente manera:

Iniciamos con el proceso de recopilación de información, este incluye el análisis de datos y resultados, así como la comprensión de los eventos acontecidos durante el proceso en estudio; garantizando el acceso, calidad y veracidad para poder realizar futuras consultas.

Con los datos recopilados, las necesidades y los requisitos de la operación, se realiza un análisis entre el procedimiento aplicado y los nuevos requerimientos, identificando a través de este las mejores prácticas con las que se logró la optimización en las diversas áreas del proceso.

Finalmente, se lleva a cabo la adaptación de dichas prácticas en el proceso, realizando un seguimiento a las mismas para la continua optimización y desarrollo, mejorando así la eficiencia del proceso.

2.1 Características.

Los indicadores de desempeño deben de cumplir con una serie de características, para su correcta implementación:

- **Medible**

Anteriormente se ha mencionado que los KPI's son métricas, por tanto, es su principal característica.

- **Cuantificable**

Si se puede medir, se puede cuantificar. Es decir, se le deben de asignar unidades que representen el parámetro que este midiendo.

- **Específico**

Se debe centrar en un único aspecto a medir.



- **Temporal**

Tienen una periodicidad, puede medirse en minutos, horas, diario, de forma semanal, mensual, anual o por evento.
- **Relevante**

Son aquellos indicadores clave y de mayor importancia para el cumplimiento de nuestros objetivos al momento del análisis.
- **Expectativa**

Es el valor esperado propuesto por el límite técnico que debe de tener el indicador de desempeño. Las expectativas operativas demandan que se debe de realizar los análisis y tareas necesarios para mantenerse en el estándar o superarlo y el resultado de esto se refleje en los indicadores de desempeño.
- **Límites de aceptabilidad**

El indicador de desempeño debe de contar con un valor límite, superior e inferior, que muestre el estado de funcionalidad del KPI, del proceso y de la intervención.
- **Fórmulas de cálculo**

Cada indicador de desempeño debe de estar acompañado por una fórmula, ecuación o método de cálculo que muestre la obtención de su valor numérico.
- **Responsable**

Cada indicador de desempeño debe de asignársele un responsable, el cual es el encargado del cumplimiento de las actividades que se están midiendo, realizar los reportes en el tiempo que se definieron y hacer los análisis entre lo medible versus las expectativas.



2.2 Indicadores de desempeño y el proceso de perforación

Los KPI's tienen como objetivo principal ayudar a optimizar los recursos, reducir los costos y los riesgos operativos. Además, mantener la integridad operativa y maximizar el potencial de operación. Su base principal aplica un diseño de ingeniería fundamentado en el análisis y la planificación de riesgos, la ejecución detallada y estricta, así como una evaluación exhaustiva posterior al trabajo¹⁶.

En el proceso de perforación es imprescindible que exista sinergia para mejores resultados, al aplicar una estrategia de ingeniería obtenemos pozos rentables, mayor eficiencia operativa y mayor productividad, al trabajar con sinergia realizamos una optimización de los recursos, reducción los costos y reducción de los riesgos operativos.

Los KPI's han contribuido en gran medida con el apoyo a las operaciones de perforación; su objetivo es proporcionar una evaluación analítica y continua del desempeño en las diversas etapas existentes en la intervención, además de indicar nuestras áreas de oportunidad, logrando así una retroalimentación y optimización.

En la selección de los KPI's nuestros principales contribuyentes serán la organización que desarrolla la operación y el cliente, entre ambos, deberán establecer los requerimientos que se quieren alcanzar durante la perforación.

Para la correcta implementación de KPI's es necesario construir un procedimiento que nos guíe para establecer cada uno de ellos, logrando obtener un mejor análisis y visión de la información. Este dependerá del acceso a la información con la que se cuente, un ejemplo de obtención de información son las herramientas que nos brindan datos en tiempo real, al igual que una efectiva comunicación con el personal que se encuentra efectuando la operación; el gráfico 5 nos muestra un procedimiento guía aunado a la perforación.

¹⁶ Hernández Cesar, Torres Rodolfo, (2011), KPI Database. Drilling Process Synergy Achieved Through A Systematic & Analytic Approach. AADE. Texas.



Del análisis del programa de perforación, pozos de correlación y eventos acontecidos, obtenemos:

- Identificación de áreas problemáticas, estas se abordarán en la fase de planificación para visualizar los eventos que se pueden presentar en el diseño del pozo.
- Selección de equipo, al visualizar el historial de este en otros pozos se identifica las limitaciones y áreas de oportunidad de este.

En el análisis de la ingeniería de perforación y NPT's, se identificarán buenas prácticas operacionales, las cuales son acciones, metodologías, tecnologías empleadas o destrezas industriales, que permiten elevar la eficiencia para alcanzar un objetivo o resultado, con un menor requerimiento de recursos y considerando la disminución de riesgos, estas se continuarán implementando en las siguientes intervenciones; al igual que nos brinda la información necesaria para realizar un análisis de riesgo, con el cual se controla o minimiza el impacto de las consecuencias desfavorables en la seguridad del personal, producción e instalaciones.

Durante el proceso de perforación y optimización, es de vital importancia la selección de información verídica y confiable, tales como:

- Reportes diarios de operación.
- Fluidos de perforación.
- Información de pozos de correlación.
- ROP programada (m/día).
- Velocidad programada de viajes (m/hr).
- Tiempo total de la intervención.
- Tiempos programados de macroactividades.
- Datos obtenidos de monitoreo real.
- Costo programado de equipo de perforación.
- Producción programada del pozo (Aceite- bpd).



La clave identificar la información se basa en la estrategia de que los resultados deben interpretarse de manera inteligente con una comprensión de la realidad detrás de la información. El rendimiento comparativo es solo un punto de partida y luego usar un juicio informado para discernir el significado detrás de los datos.¹⁷

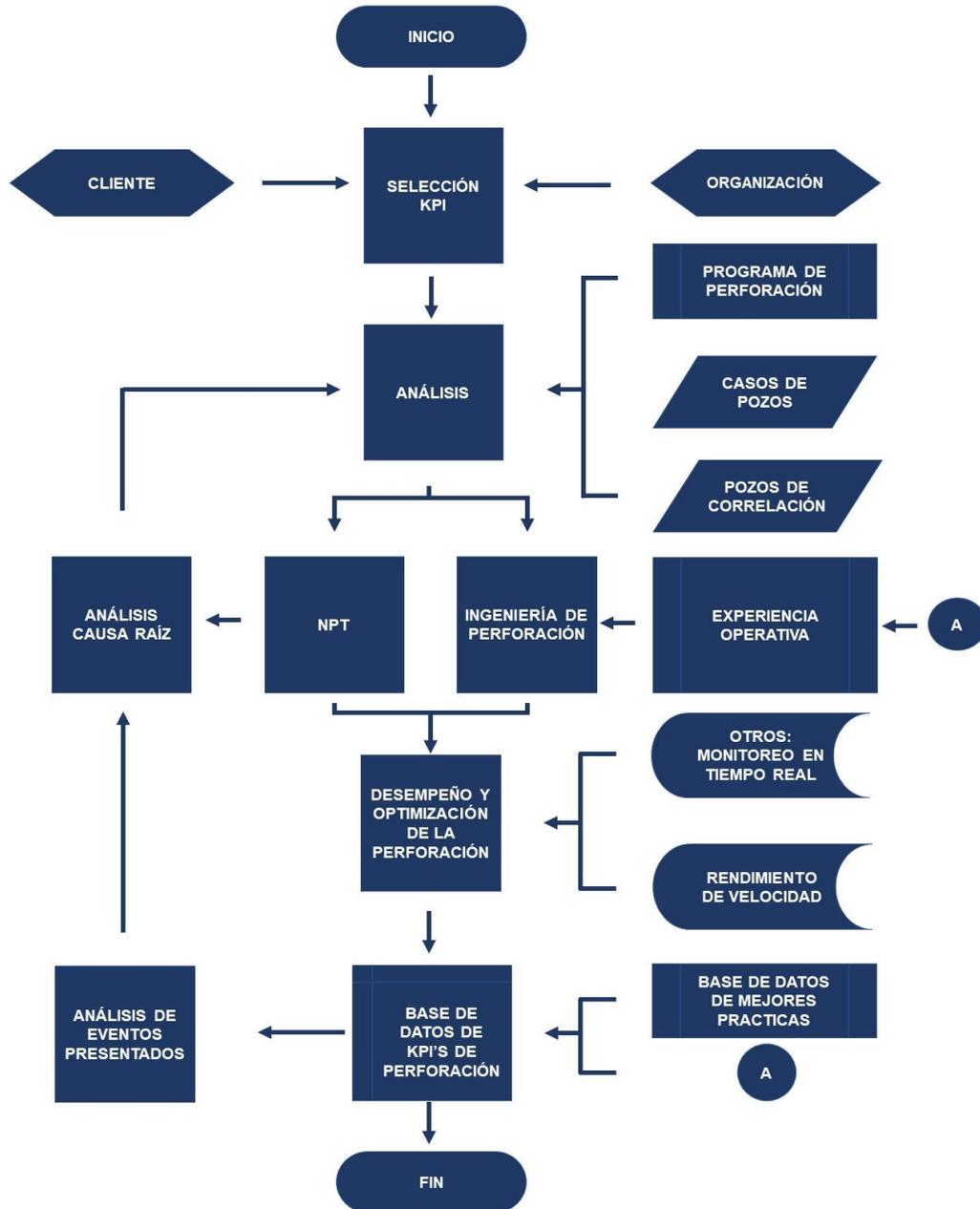


Gráfico 5.-Proceso para generar la base de datos de KPI's para la perforación (Hernández Cesar, AADE 2011)

¹⁷ Hernández Cesar, Torres Rodolfo, (2011), KPI Database. Drilling Process Synergy Achieved Through A Systematic & Analytic Approach. AADE. Texas.



2.3 Macroactividades.

La identificación de las operaciones de perforación es un paso esencial para la optimización de tiempos, al realizar la clasificación de las actividades se podrá realizar un análisis puntual y con esto encontrar los tiempos en los que se está siendo efectivo y en cuales se está por debajo del tiempo estimado según sea el caso. Durante las operaciones existen grandes cantidades de información, la cual contienen datos desde su inicio hasta su final, así como el comportamiento de los componentes utilizados dentro de las operaciones.

Debido a la gran cantidad de información existente para cada intervención, se efectúa la agrupación de esta a través de macroactividades, las cuales engloban el tiempo total de la intervención; al realizar el diseño de pozos mediante la metodología VCDSE (Visualización, Conceptualización, Desarrollo, Seguimiento y Evaluación) estas tienen gran trascendencia. Las cuales se describen a continuación.

2.3.1 Perforando

Se contemplará a partir del primer metro que es perforado ya sea rotando, deslizando o rotando y deslizando, dentro de esta macro actividad se contempla la perforación de todas las etapas establecidas dentro del diseño del pozo.

2.3.2 Circulando

Existen diversas ocasiones en las que circulamos, tales como:

- Limpieza del pozo

Al término de cada etapa se circula un tiempo de atraso para conducir los recortes generados hacia superficie; de no realizarse se pueden presentar problemas en introducción y cementación de tuberías de revestimiento.

- Acondicionamiento de fluido

El personal de abordaje (Químico) constantemente debe verificar las propiedades reológicas, esto debido al tiempo que se encuentra en contacto con la formación, recortes y caídas de presión sus propiedades se ven afectadas.



Durante la construcción del pozo se usa diferentes tipos de fluidos con distintas densidades, logrando así cumplir con los objetivos establecidos de acuerdo con las características geológicas de la formación.

Etapa	Profundidad [md]	Fluido propuesto	Objetivo por cumplir
30"	80-200	Agua de mar con bombeo de baches de lodo bentónico (1.04 gr/cc)	Controlar presión de poro, mantener limpieza del agujero.
20"	200-650	Bentónico Polimérico (1.06-1.12 gr/cc) Uso de agentes puenteantes (carbonatos y grafito)	Capacidad de suspensión, acarreo e inhibición para aislar arcillas reactivas. Prevención de pérdidas de circulación y/o pegaduras por presión diferencial.
16"	650-1,750	Emulsión Inversa (1.45 a 1.47 gr/cc) Material obturante (CaCO ₃)	Aislar el intervalo de bajo gradiente de fractura que nos permita incrementar la densidad previa a ingresar a la zona de alta presión. Prevención de pérdidas de circulación y pegadura diferencial, debido a la probabilidad de encontrar cuerpos arcillosos calcáreos e intercalaciones de arenas.



Etapa	Profundidad [md]	Fluido propuesto	Objetivo por cumplir
11 7/8"	1,750-3,206	Emulsión Inversa (1.70 a 1.73 gr/cc)	Aislar intervalo de alta presión. Evitar la hidratación de lutitas reactivas.
Liner 9 5/8"	3,206-3,656	Base agua de mar (0.90 a 1.03 gr/cc) o Emulsión inversa (1.02 a 1.03 gr/cc)	Debido a la presencia de pérdida parcial o total, se debe mantener suspendidos los recortes para evitar empacamiento de la sarta. Aislar la zona del cuerpo calcáreo del Eoceno Medio y Paleocenos.
Liner 7 5/8"	3,656-4,024	Base agua de mar	Aislar zona productora, altamente fracturada

Tabla 8.-Propuesta de fluidos (PEMEX, 2018))

2.3.3 Repasando

Durante la perforación se pueden llegar a presentar diversos acontecimientos que nos lleven a repasar el agujero, uno de estos son las resistencias o arrastres las cuales se observan a través de los parámetros en tiempo real y buenas prácticas operacionales.

Dentro de estos, uno de ellos es la medición del peso de sarta subiendo y bajando; se puede ejemplificar cuando se realiza un viaje corto el cual se efectúa al concluir la perforación de la etapa teniendo como objetivo garantizar la integridad del agujero, consiste en dos viajes:

- 1.- Viaje a la zapata, cuando termina de perforar la sarta siempre realizará un viaje hacia la zapata anterior debido a que esta es la zona más segura. Al terminar de perforar los recortes se asientan en el fondo del pozo, por lo que no realizar la acción anterior aumenta las probabilidades de presencia de un problema.



2.- Viaje de reconocimiento, la sarta baja a partir de la zapata anterior a reconocer el fondo perforado, este viaje se realiza con la finalidad de verificar que el agujero se encuentre consolidado.

Ya definido el viaje corto, al realizar el primer viaje se tiene en cuenta el peso de la sarta hacia arriba si en algún momento de este se observa una variación en el peso de la misma significa que tenemos un arrastre, lo cual nos da una evidencia de que el agujero no está bien conformado; cuando realizamos el segundo viaje y se observa pérdida de peso en el indicador sin llegar a la P.I. es un indicativo de resistencia y se procede a trabajar misma.

2.3.4 Sacando

Contempla el viaje a la zapata que se realiza al término de la perforación de la etapa, posteriormente el viaje a superficie en el cual se realiza el desmantelamiento de la sarta para poder efectuar la introducción de TR.

Al realizar la introducción de liner, se considera el viaje que se efectúa cuando se saca el soldador del mismo.

En el caso de la presencia de algún problema o falla se contemplará los viajes que se realicen en el transcurso de estos.

2.3.5 Metiendo

Se consideran el viaje realizado en la introducción de tubería de revestimiento y de igual forma los realizados con la tubería de perforación algunos de ellos son:

- Reconocimiento de P.I, este forma parte del viaje corto y consiste en verificar la integridad del agujero.
- Reconocer cima de cemento, puede ser efectuado con la nueva configuración de la sarta con la que se realizará la perforación de la siguiente sección o en caso contrario con una sarta lisa que únicamente tendrá como objetivo reconocer y rebajar cemento y accesorios.



2.3.6 Superficie

En superficie se desarrollan una amplia diversidad de actividades en el transcurso del cambio de etapa. Algunas de ellas son:

- Instalación y eliminación del equipo de introducción de TR.
- Realizar corte (preliminar y definitivo) y biselado a TR.
- Recuperar tubo ancla.
- Instalación de brida soldable.
- Instalación / desinstalación de cabezales.
- Instalación / desinstalación de diverter.
- Instalación / desinstalación de C.S.C. (campana, junta telescópica, línea de flote, charola ecológica)
- Instalación / recuperación de buje de desgaste.
- Instalación / desinstalación de BOP'S.
- Armado de sarta de perforación para cada etapa.
- Instalación / desinstalación de Unidad de Línea de Acero (ULA).
- Instalación / desinstalación de tubería flexible (apoyo en toma de registros y presencia de problemas).
- Instalación / desinstalación del equipo para toma de registros.

2.3.7 Rebajando cemento

Al concluir el proceso de cementación, para reincorporarse a la perforación de la siguiente etapa es necesario rebajar el tapón de cemento y accesorios, este tiempo será considerado en esta macroactividad.



2.3.8 Estacionados

Se consideran las siguientes actividades:

- Instalación de líneas de 2" y equipo de cementación.
- Instalación de conjunto colgador – soltador de liner.
- Anclaje de soltador
- Cementación TR.
- Prueba de integridad de TR.
- Prueba C.S.C.
- Anclar soltador.



Capítulo 3 Análisis de Intervenciones de la Región.

3.1 Equipo Fijo ECO .

El equipo modular ECO perforó en el año 2018 los pozos E- 53 y E-74 con una duración de 71.83 y 77.23 días respectivamente.

3.1.1 Características del equipo.

Clasificación	Tipo Empaquetado de 2,000 HP
Torre de perforación	Branham IND, 473.5 TON
Top drive	-----
Corona	IDECO, 473. tons
Gancho block viajero	IDECO, 525 tons.
Mesa rotaria	OIL WELL, 700 tons, motor de CD 1,000 HP,-
Cuñas hidráulicas	-
Llaves de fuerza	-
Cabrestante	-
Malacate	IDECO, 2000 HP, motor de CD 1,000 HP
Bombas de lodo	National. 1,300 HP, motor de CD 1,000 HP
Stand pipe	Demco, 7500 PSI, D.O 7", DI 5".
Presas de lodo	5 PRESAS CAP.145 m ³



3.2.2 Pozo E-53

- *Especificaciones*

La perforación tuvo inicio el 14 de marzo a las 23:00 horas y finalizó el 28 de mayo a las 11:00 horas, teniendo así una duración final de 71.83 días.

- *Objetivo*

El pozo E-53 tuvo como objetivo, recuperar el mayor volumen de reservas del yacimiento Cretácico, buscando la zona de mejor calidad y mayor espesor de yacimiento al Sureste del campo, para maximizar la producción y el tiempo de vida productiva del pozo.

- *Situación Estructural*

Como consecuencia de los eventos registrados a finales del Mioceno, el campo Zaap corresponde a un anticlinal asimétrico caracterizado por un régimen compresivo de alta deformación. Esta estructura se encuentra delimitada al norte por una falla inversa y al sur por cierre estructural por la falla inversa del campo KU y al este por la falla regional inversa que separa a los campos de Ku – Maloob – Zaap de los campos Bacab – Lum.

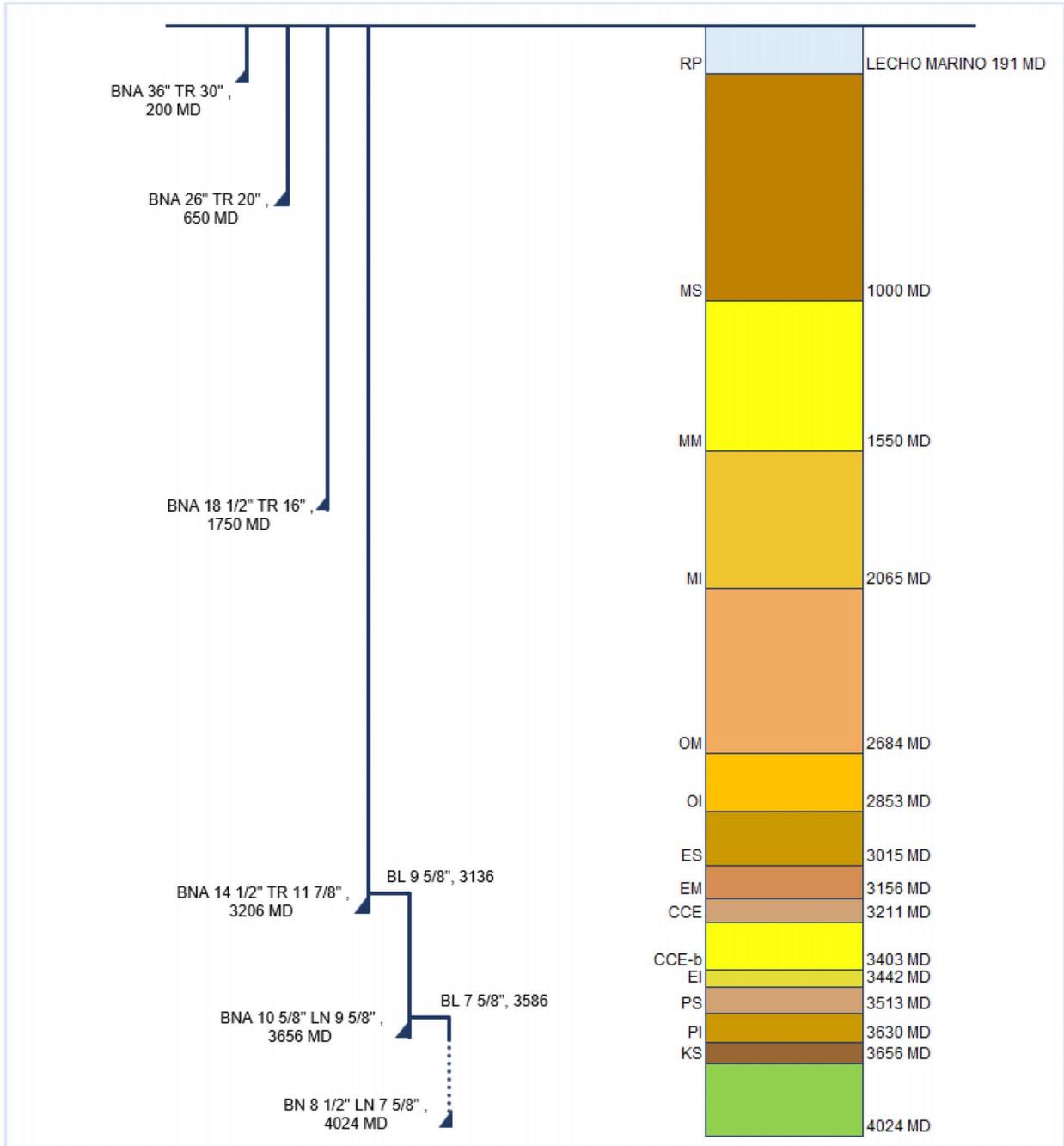
- *Columna geológica probable*

Cima	Espesor MD	Profundidad MD
RCPL	809	191
MS	550	1,000
MM	515	1,550
MI	619	2,065
OM	169	2,684
OI	162	2,853
ES	141	3,015
EM	286	3,156
CCE	192	3,211
CCE-b		3,403
EI	72	3,442
PS	117	3,513
PI	27	3,630
KS	368	3,656
PT		4,024



- *Estado Mecánico Programado*

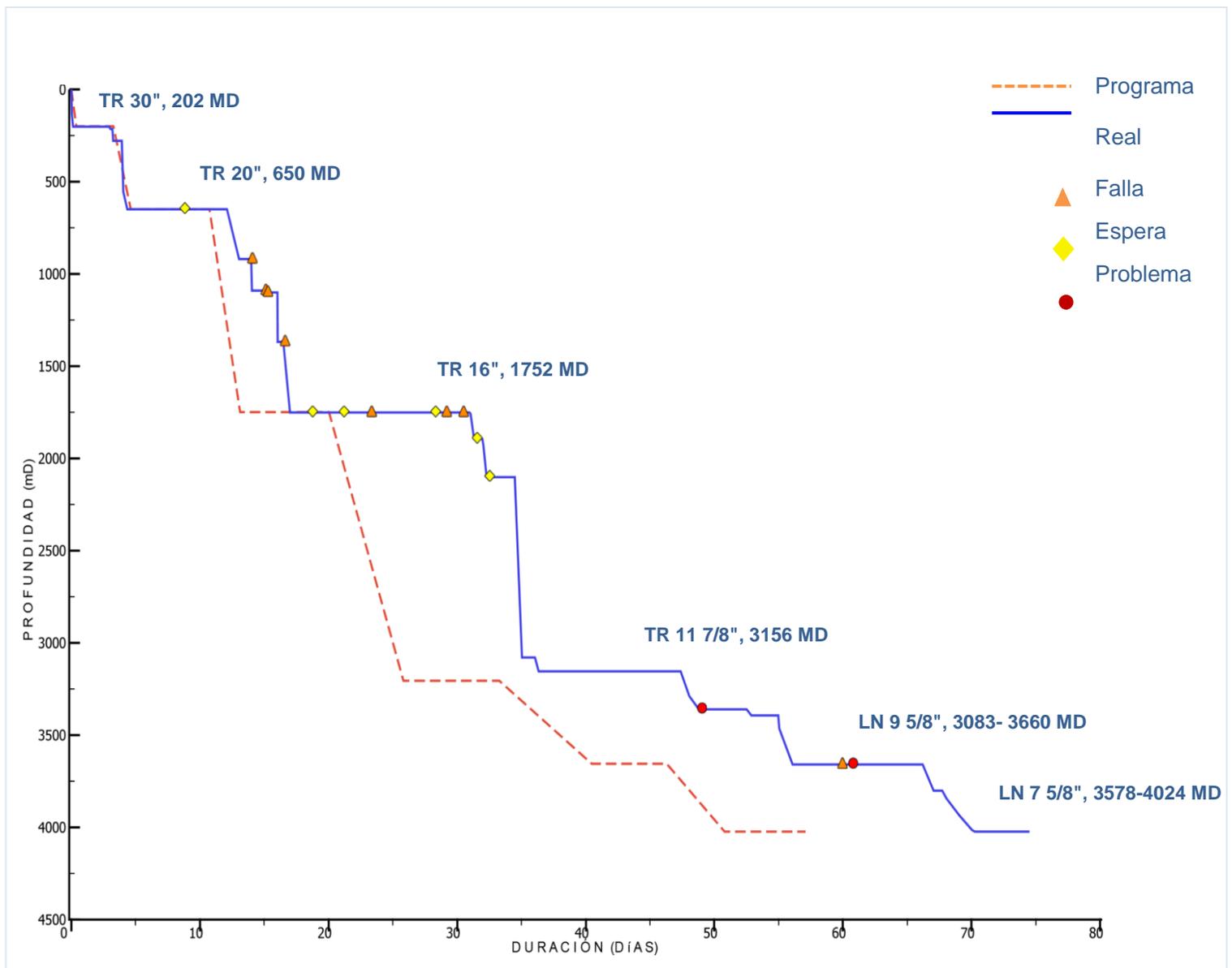
Tomando en consideración la información antes mencionada, se programó el siguiente estado mecánico.

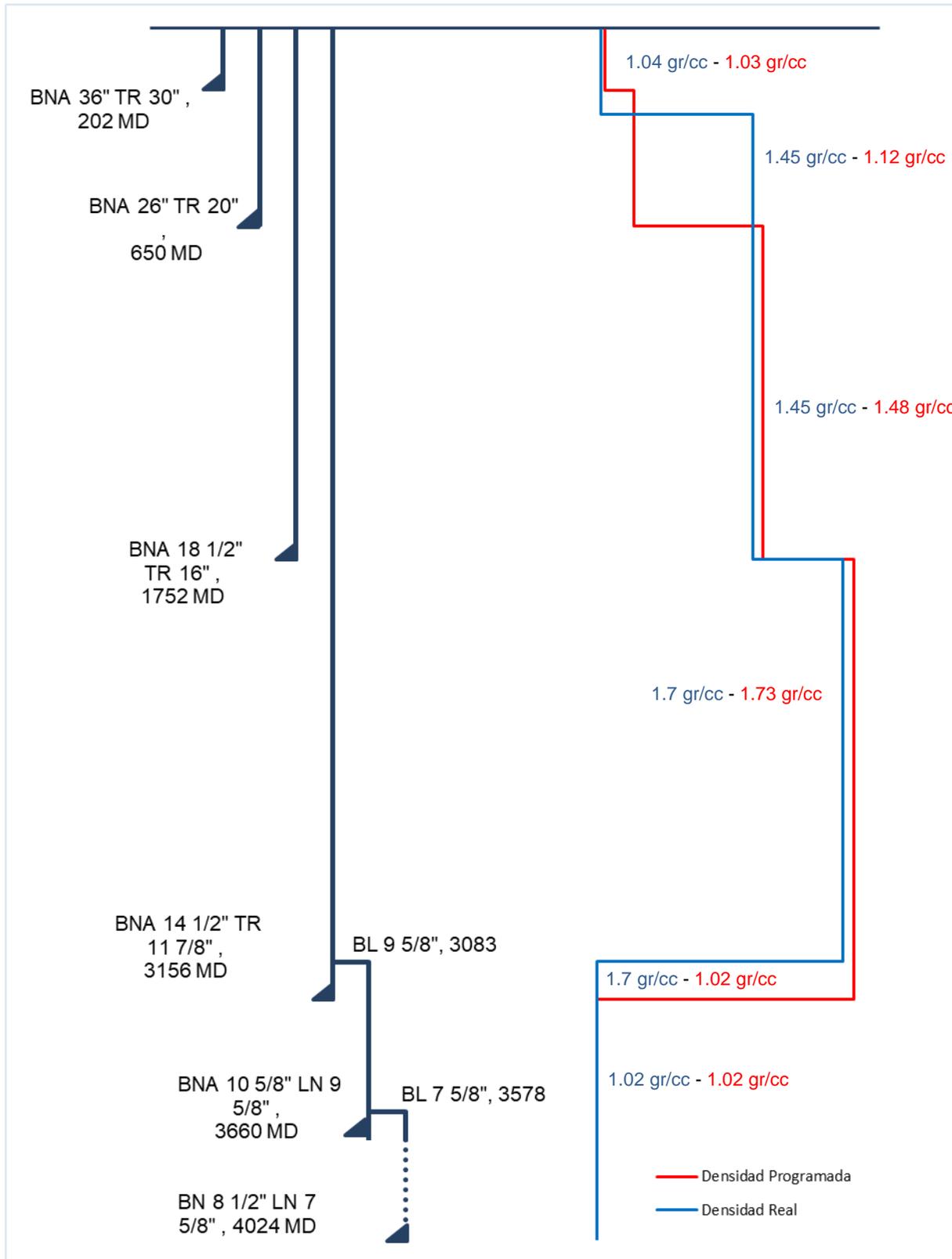




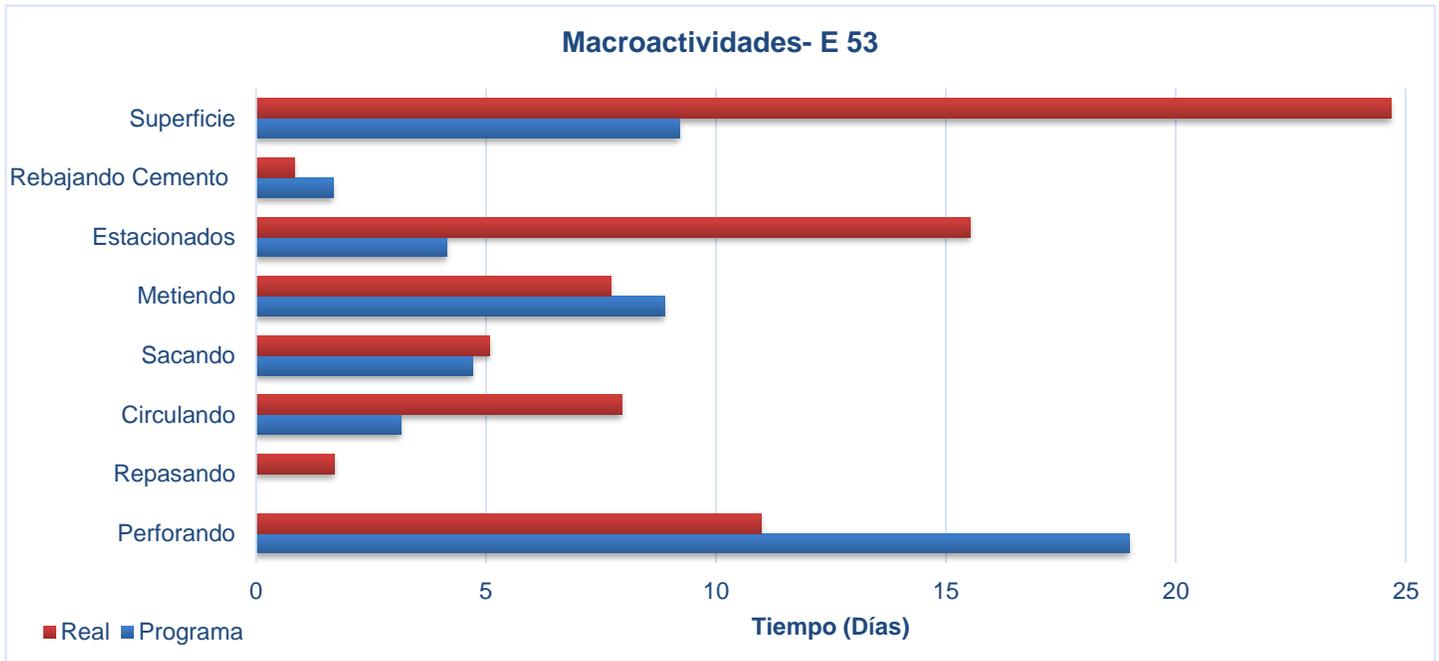
- *Resumen de la operación*

El pozo E-53 tuvo una duración de 71.83 días, tiempo en el cual se construyeron 6 etapas, con los asentamientos representados en la gráfica inferior, llegando al objetivo geológico del Cretácico Superior; se presentaron diversos acontecimientos en cada etapa, siendo los más representativos el atrapamiento de sarta a la profundidad de **3,361 md** teniendo como duración de **140.5 hrs** y el desprendimiento de una sección de la herramienta de registro a la profundidad de **3,660 md** con una duración de **106 hrs**, sumando así 246.5 días representando **10.27 días** de NPT's.





- *Análisis del tiempo total de la operación*



Con base en la gráfica anterior, observamos lo siguiente:

El tiempo en superficie es el mayor consumidor de tiempo durante la perforación, representa el 30.27 % de la misma. En segundo lugar, observamos que se encuentra la macroactividad de estacionados con 15.53 días. En tercer lugar, se observa la macroactividad circulando la cual tiene una duración de 7.95 días.

Se observa que en la macroactividad de sacando no cumple con el tiempo programado, sin embargo, en comparativa con las tres macroactividades mencionadas anteriormente la diferencia de tiempo es menor.

Las cuatro macroactividades mencionadas anteriormente representan un papel muy importante en esta intervención debido a su impacto en la duración total, al igual que el cumplimiento de cada una de ellas respecto al tiempo programado no es alcanzado.

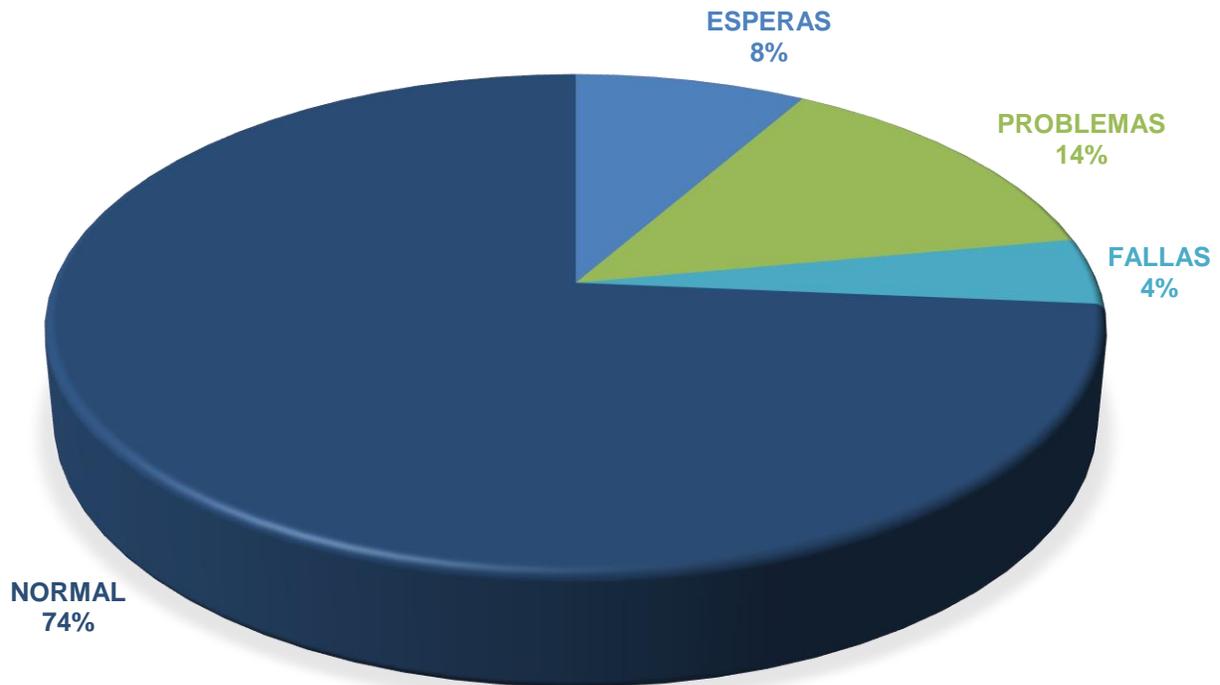


- *Análisis de los tiempos no productivos*

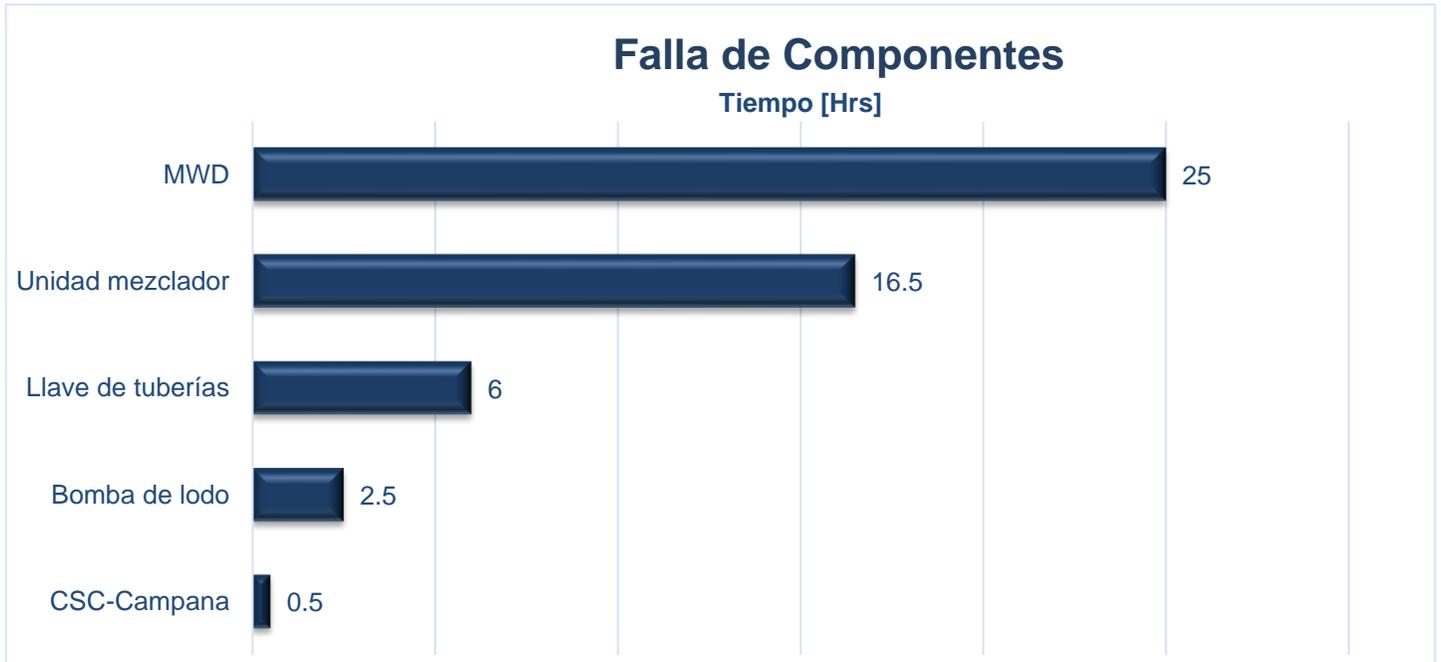
Los tiempos no productivos representan el **26.37%** de toda la operación, representando un mayor impacto el apartado de problemas con un total de 10.27 días. Teniendo 5.84 días en el atrapamiento de la TR 11 7/8”.

Dentro de los NPT'S en segundo lugar se localizan las esperas con duración de 6.17 días, de los cuales 5.77 son relacionados a condiciones climatológicas adversas un evento el cual no podemos controlar.

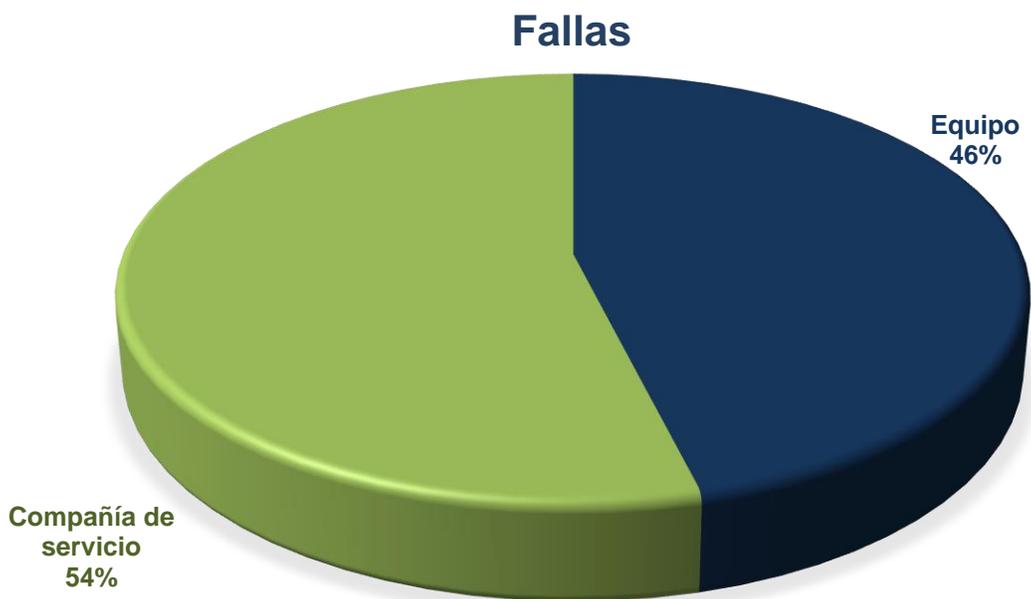
Tiempos no productivos



Las fallas que se presentaron durante la intervención tuvieron una duración de 3.21 días posicionándose en tercer lugar, donde el 46 % de estas fallas fueron relacionadas con el equipo (Soltador, llave para tuberías, bombas de lodo, entre otros).



Cabe señalar que en diversas operaciones se cuentan con diversas compañías prestadoras de servicios para apoyo en las mismas, dentro de los componentes mencionados anteriormente el MWD y la unidad mezclador pertenecen a estas compañías por lo cual las fallas en estas no afectan la eficiencia del equipo.





3.3.3 Pozo E-74

- *Especificaciones*

La perforación tuvo inicio el 20 de septiembre a las 13:00 horas y finalizó el 08 de diciembre a las 24:00 horas, teniendo así una duración final de 77.83 días.

- *Objetivo*

El pozo E-74 tuvo como objetivo, recuperar el mayor volumen de reservas del yacimiento Cretácico, buscando la zona de mejor calidad y mayor espesor de yacimiento al Sureste del campo, para maximizar la producción y el tiempo de vida productiva del pozo.

- *Situación Estructural*

Como consecuencia de los eventos registrados a finales del Mioceno, el campo Zaap corresponde a un anticlinal asimétrico caracterizado por un régimen compresivo de alta deformación.

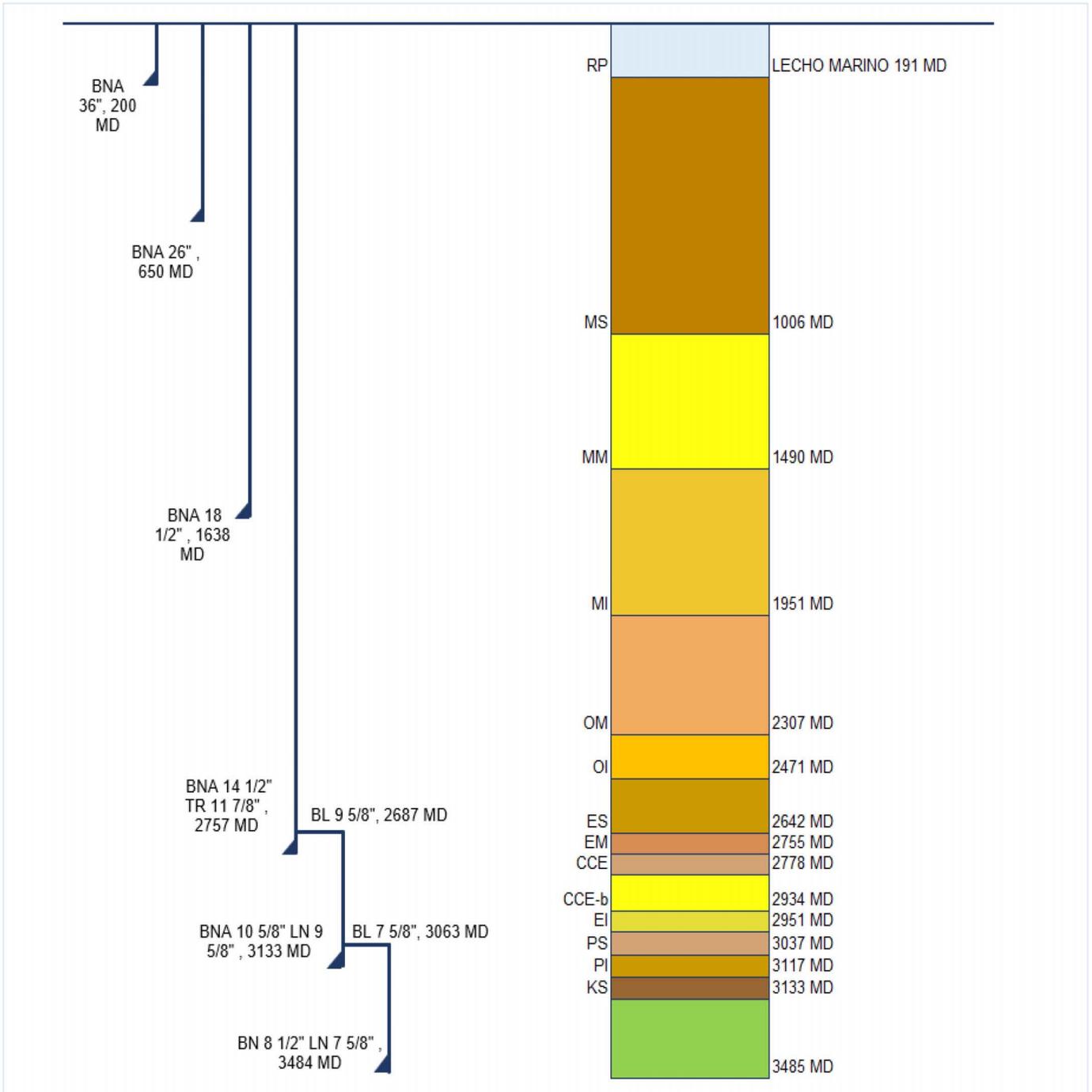
- *Columna geológica probable*

Cima	Espesor MD	Profundidad MD
RCPL	811	195
MS	485	1,006
MM	460	1,490
MI	357	1,951
OM	164	2,307
OI	170	2,471
ES	114	2,642
EM	13	2,755
CCE	166	2,768
CCE-b		2,934
EI	86	2,951
PS	80	3,037
PI	17	3,117
KS	332	3,133
KM	19	3,465
PT		3,484



- *Estado Mecánico Programado*

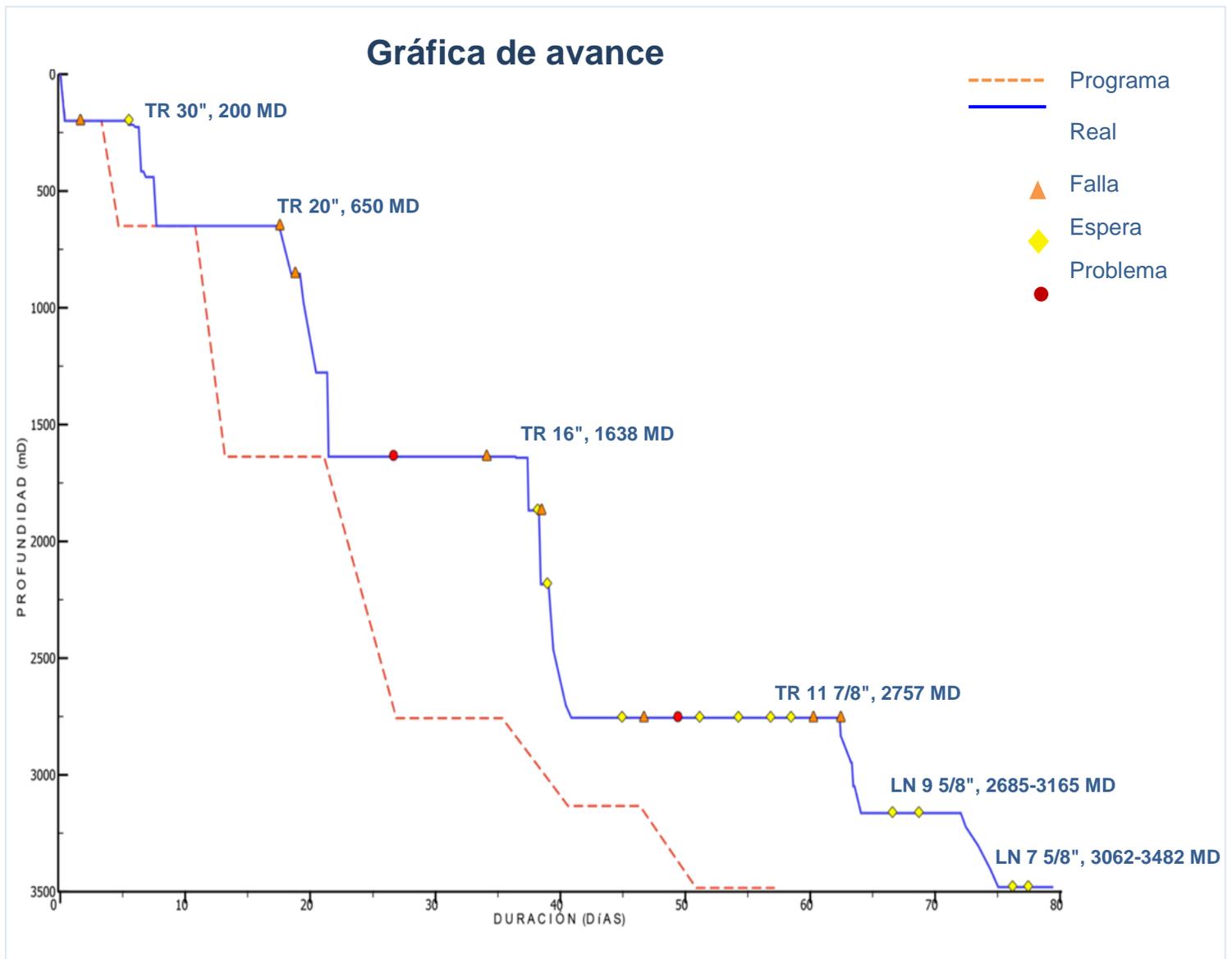
Tomando en consideración la información antes mencionada, se programó el siguiente estado mecánico.

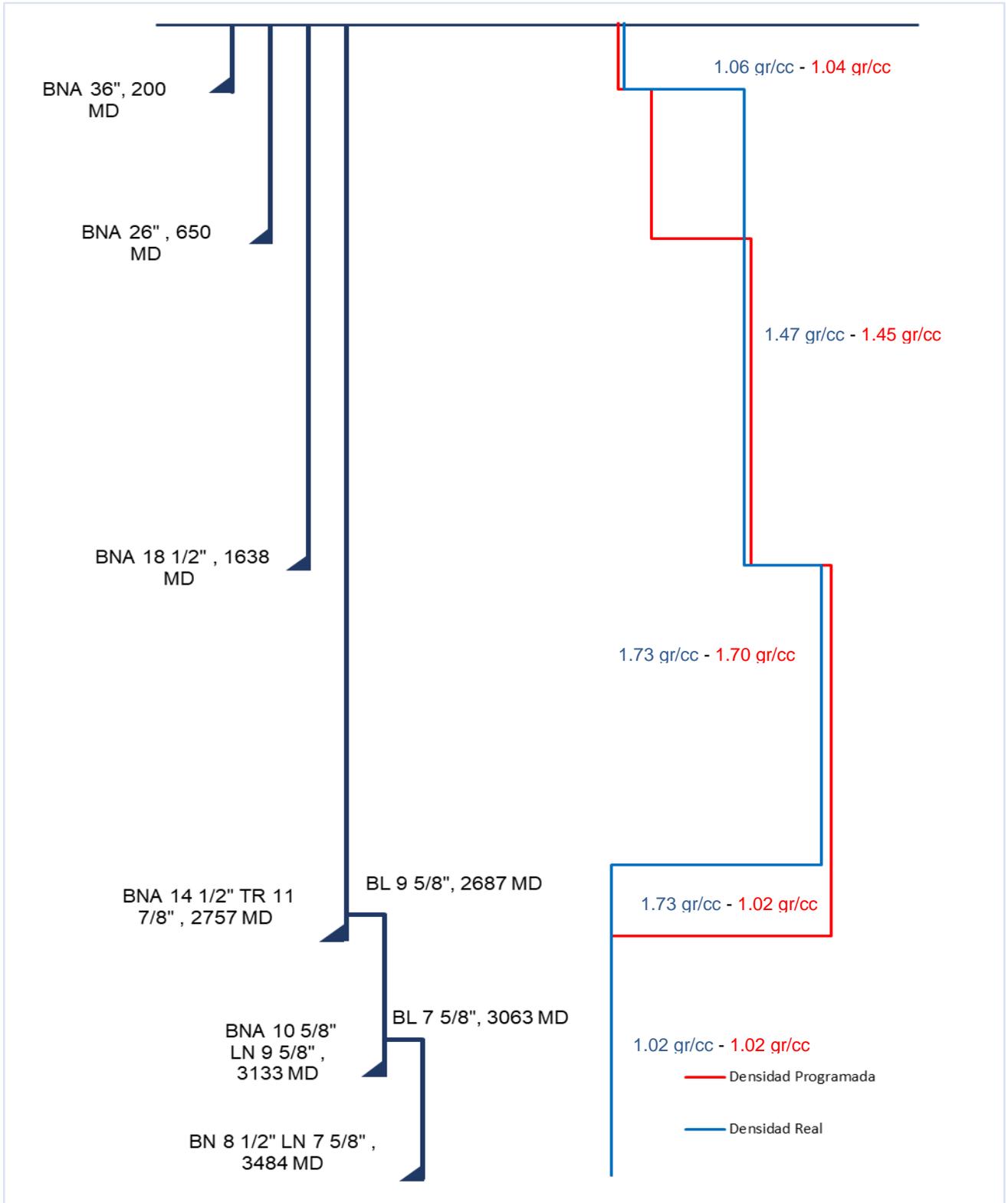




- *Resumen de la operación*

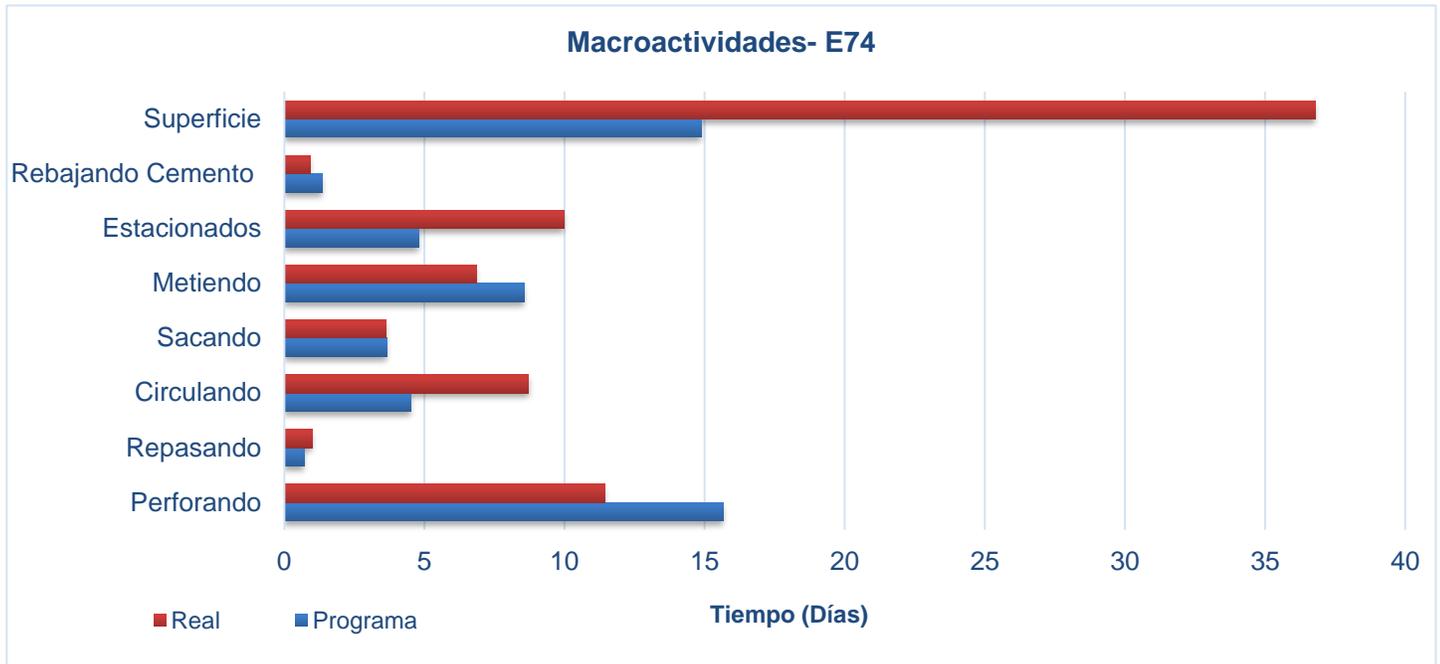
El pozo E-74 tuvo una duración de 77.23 días, tiempo en el cual se construyeron 6 etapas, con los asentamientos establecidos en la gráfica XX, llegando al objetivo geológico del Cretácico Superior; se presentaron diversos acontecimientos en cada etapa, siendo los más representativos el deslizamiento de la TR de 16" a la profundidad de **1,638 md** teniendo como duración de **90 hrs**, al efectuar la instalación del cabezal se presentó dificultad para vencer sello internos en esquipa de 11 7/8", observando daño en cuerda de los espárragos, se corrige el problema con un duración de **42 hrs**.







- *Análisis del tiempo total de la operación*



Con base en la gráfica anterior, observamos lo siguiente:

El tiempo en superficie es el mayor consumidor de tiempo durante la perforación, representa el 46.26 % de la misma. En segundo lugar, observamos que se encuentra la macro actividad de estacionado con 9.98 días. En tercer lugar observamos la macroactividad circulando con una duración de 8.72 días.

Las tres macroactividades mencionadas anteriormente representan un papel muy importante en esta intervención debido a su impacto en la duración total, al igual que el cumplimiento de cada una de ellas respecto al tiempo programado no es alcanzado.

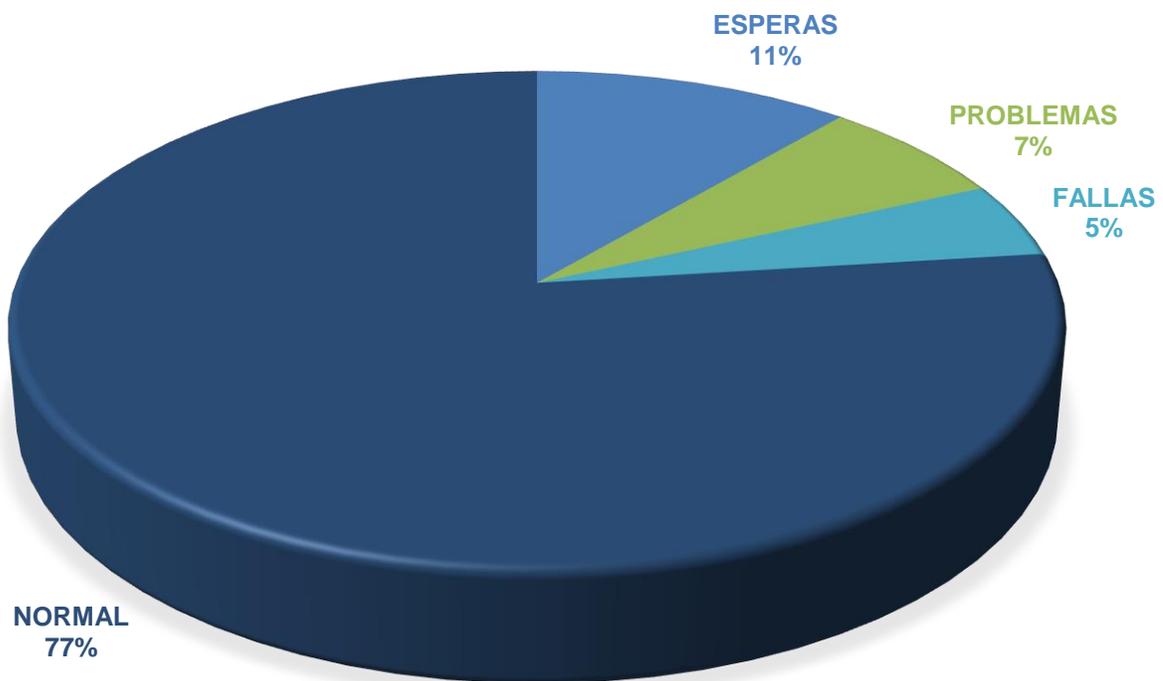


- *Análisis de los tiempos no productivos*

Los tiempos no productivos representan el **23.06%** de toda la operación, teniendo un mayor impacto el apartado de esperas con un total de 8.94 días. Sin embargo, el 61.54% de estas tienen relación con condiciones climatológicas adversas las cuales son eventos que no podemos tener control sobre la presencia y frecuencia.

Dentro de los NPT'S en segundo lugar se localizan lo problemas con duración de 5.5 días que representan 7 % de la perforación.

Tiempos no productivos

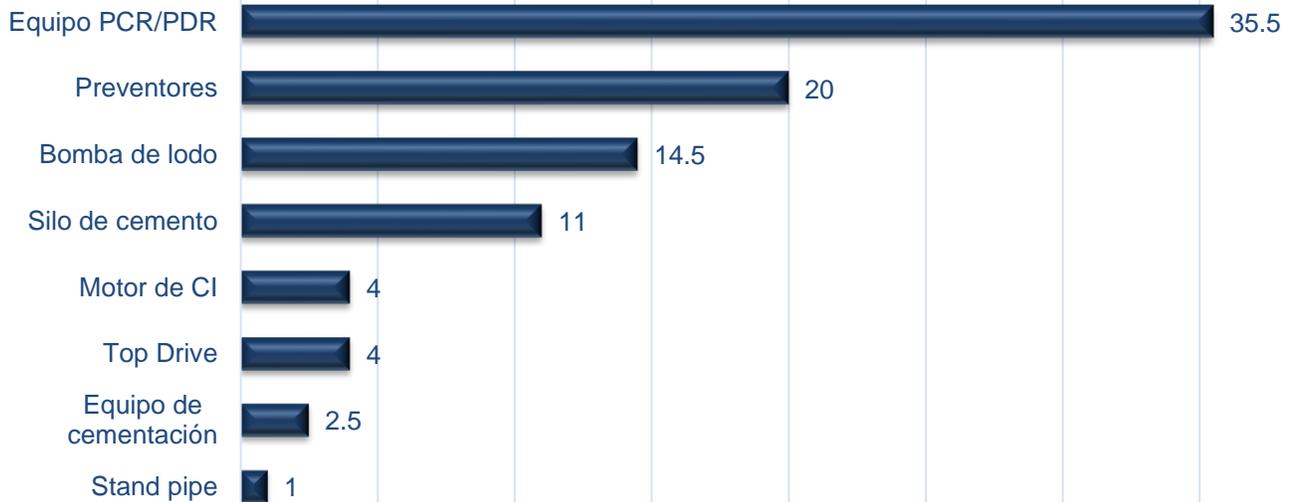


Las fallas que se presentaron durante la intervención tuvieron una duración de 3.85 días posicionándose en tercer lugar, donde 3.75 días respecto del total fueron relacionadas con el equipo (Bombas de lodo, equipo PCR/PDR, equipo de cementación, entre otros).



Falla de Componentes

Tiempo [Hrs]



Cabe señalar que en diversas operaciones se cuentan con diversas compañías prestadoras de servicios para apoyo en las mismas, por lo que fallas en componentes pertenecen a estas compañías no afectan la eficiencia del equipo, sin embargo, en esta intervención la reincidencia de fallas es pertenecientes a componentes pertenecientes al equipo.

Fallas



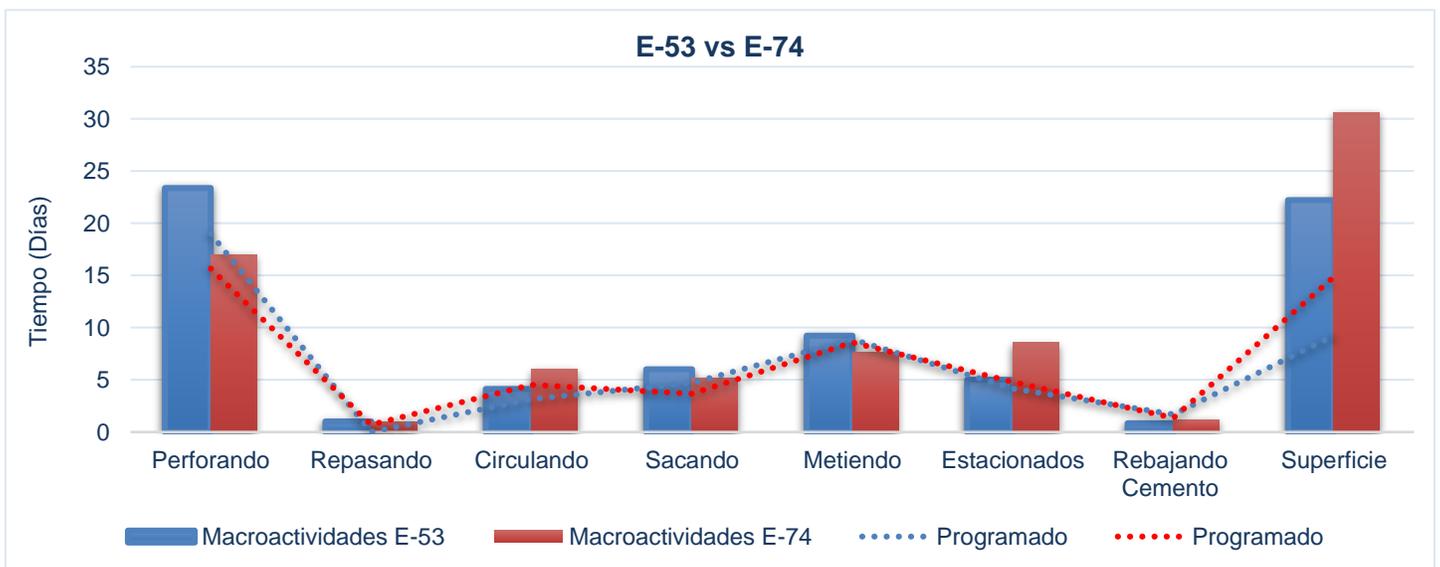


3.3.3 Análisis E-53 vs E-74

Al realizar la comparativa entre los tiempos reales y programados se puede observar que existe una diferencia entre estos en la mayoría de las macroactividades, siendo las única con cumplimiento del 100% la macroactividad de rebajando cemento; al tener este resultado se infiere que al efectuar el análisis correspondiente en cada etapa de los casos de estudio se identificará diversas áreas de oportunidad para la mejora del desempeño del equipo.

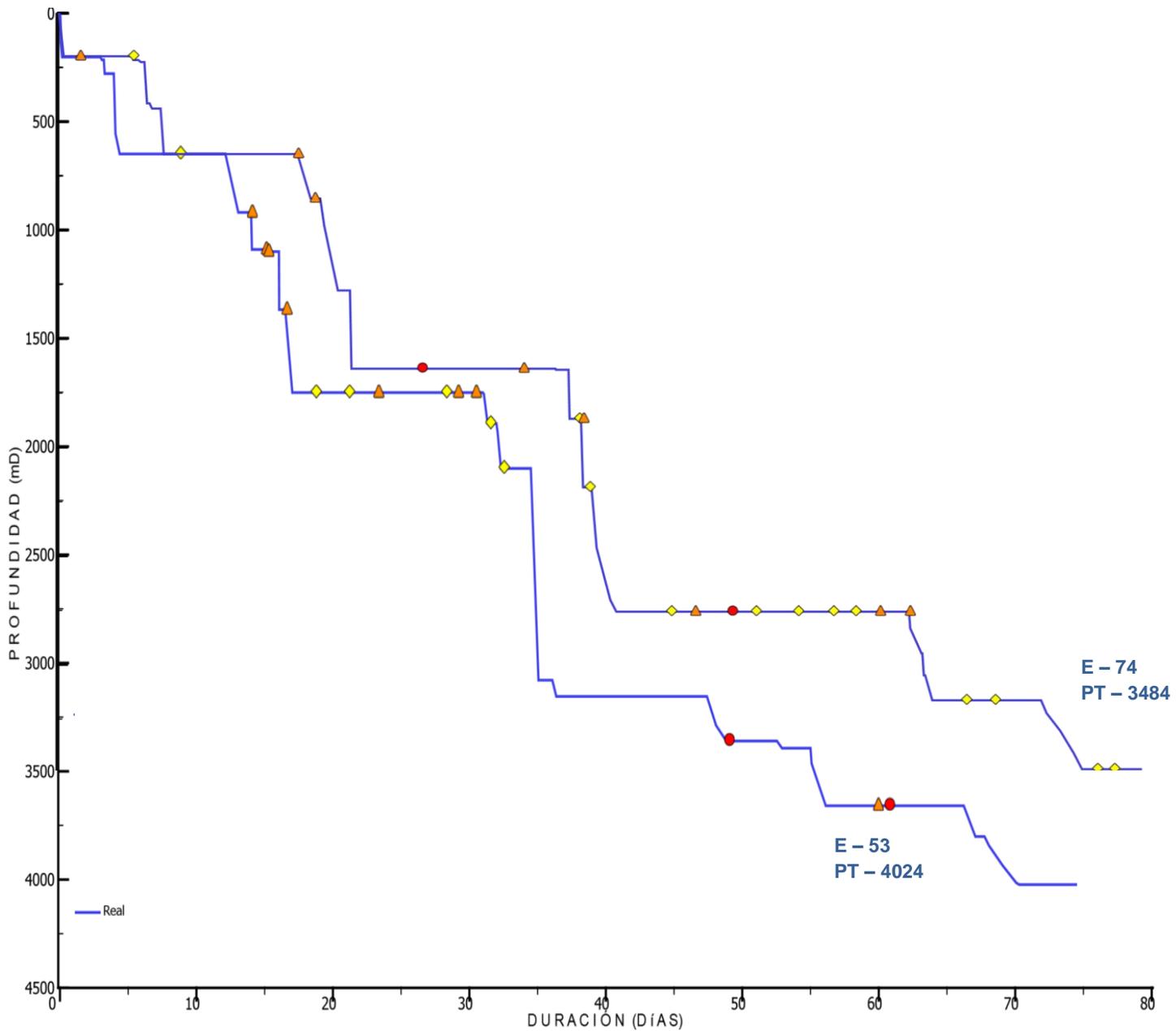
Macroactividades E-53	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	19.00	0.00	3.15	4.71	8.88	4.15	1.69	9.21	50.79
Real	23.38	1.02	4.13	6.01	9.23	5.01	0.84	22.22	71.83

Macroactividades E-74	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	15.66	0.70	4.52	3.66	8.58	4.81	1.35	14.87	54.15
Real	17.02	0.95	6.04	5.17	7.67	8.55	1.20	30.64	77.23





Al realizar la comparación entre gráficas de avance, se observa que el pozo E-53 efectuó su operación menor tiempo y mayor profundidad contrario al pozo E-74, en ambas intervenciones existen diversos factores que influyeron en los tiempos finales. Se identifica que durante el cambio de etapa de la TR 20" se presenta el desfase de tiempo entre ambas intervenciones.

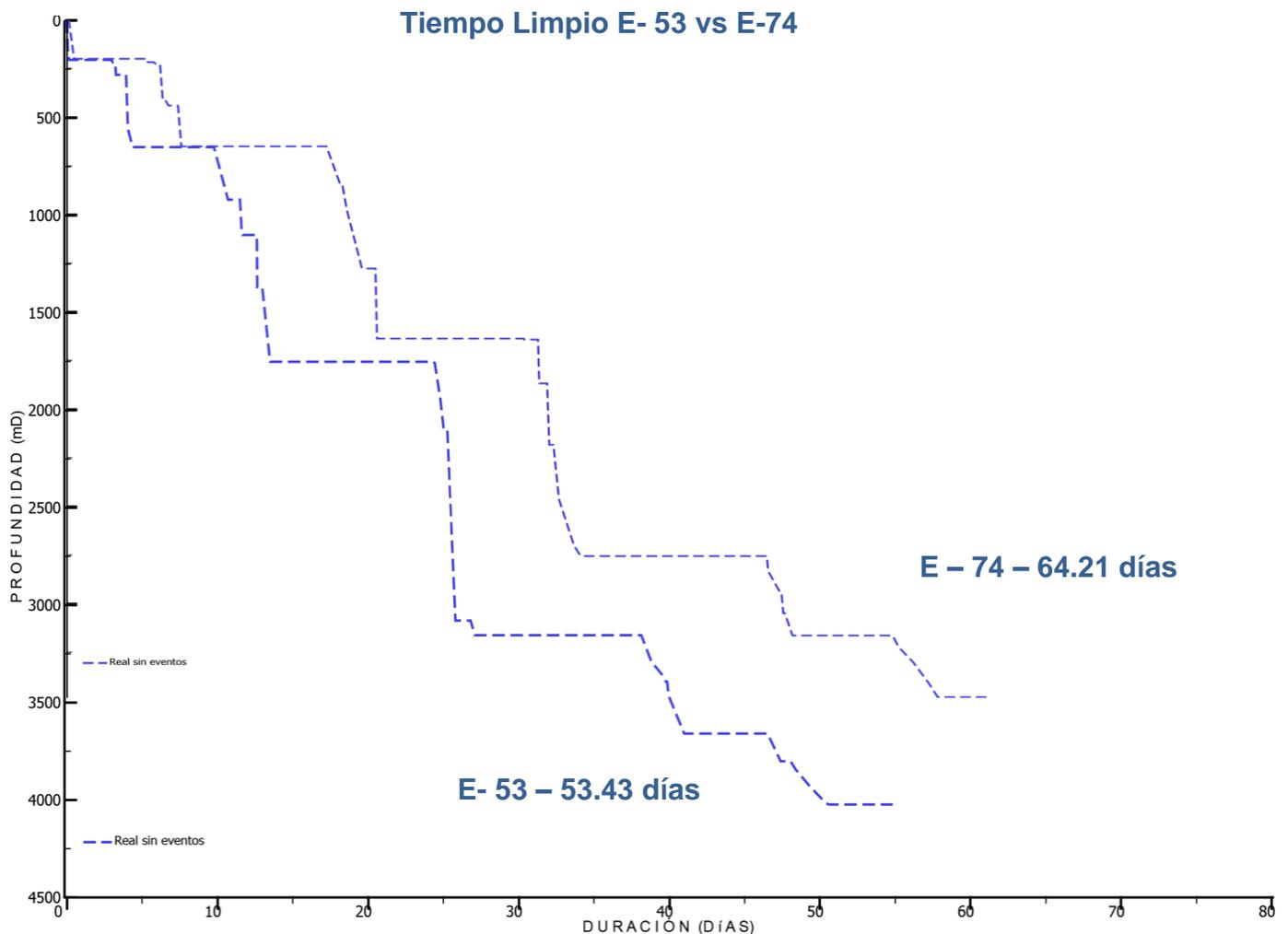




Depuración NPT's

En las intervenciones realizadas por el equipo ECO, se presentaron diversos NPT's aumentando el tiempo de operación en ellas; el efectuar la discretización de estos se observa la reducción de tiempos a 53.42 y 64.21 días de los pozos E-53 y E-74.

Se debe concientizar que una operación sin la presencia de NPT's es un ideal difícil de cumplir, debido que a pesar de contar con un equipo con funcionamiento en todos sus componentes correctamente, existe un factor del cual no se tiene injerencia sobre el mismo, las adversidades climatológicas; recordando que nuestras operaciones se efectúan en zona marina.





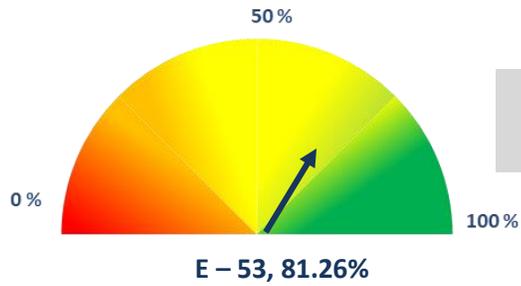
Cumplimiento de indicadores:

Uno de los objetivos de los KPI's es conocer el cumplimiento que tiene cada intervención respecto al tiempo programado, este se puede calcular a través de las fórmulas establecidas en la tabla posterior para cada macroactividad.

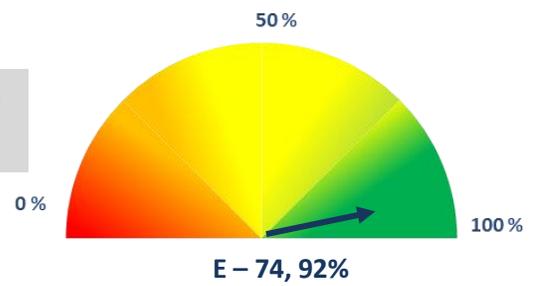
Al realizar un seguimiento al desarrollo de cada macroactividad, se puede efectuar un análisis del desempeño generado por el equipo; en el equipo ECO se observa una mejora en su desempeño pasando de un **69.54 %** a un **77.01 %**.

Indicador de desempeño	Formula	Limites
Perforación	$\left(\frac{\text{Tiempo de perf}_{prog}}{\text{Tiempo de perf}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%
Circulación	$\left(\frac{\text{Tiempo de circulación}_{prog}}{\text{Tiempo de circulación}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%
Repasando	$\left(\frac{\text{Tiempo repasando}_{prog}}{\text{Tiempo repasando}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%
Sacando	$\left(\frac{\text{Tiempo sacando}_{prog}}{\text{Tiempo sacando}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%
Metiendo	$\left(\frac{\text{Tiempo metiendo}_{prog}}{\text{Tiempo metiendo}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%
Estacionado	$\left(\frac{\text{Tiempo estacionado}_{prog}}{\text{Tiempo estacionado}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%
Rebajando cemento	$\left(\frac{\text{Tiempo rebajando}_{prog}}{\text{Tiempo de rebajando}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%
Superficie	$\left(\frac{\text{Tiempo superficie}_{prog}}{\text{Tiempo superficie}_{real}}\right) \times 100$	Superior:>100% Inferior: 95% Valor optimo:100%

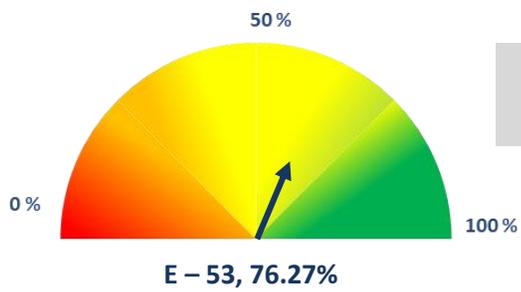
- Perforando



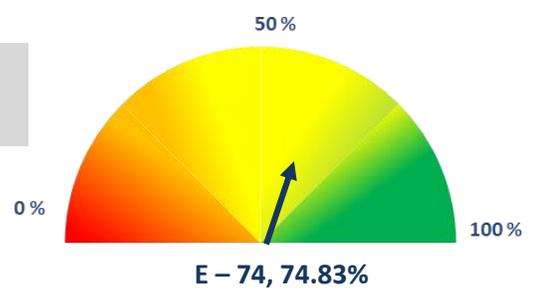
Cumplimiento
86.63%



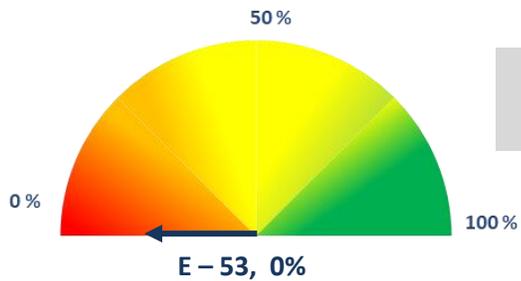
- Circulando



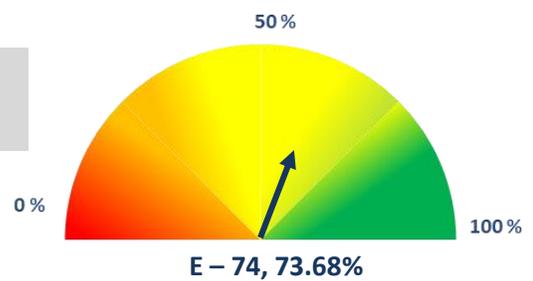
Cumplimiento
75.55%



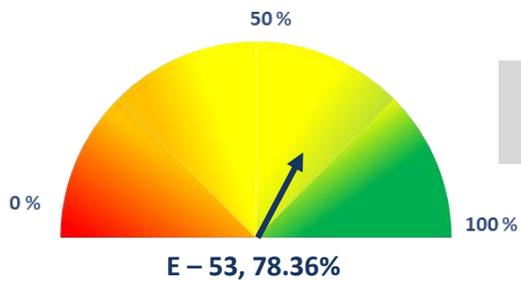
- Repasando



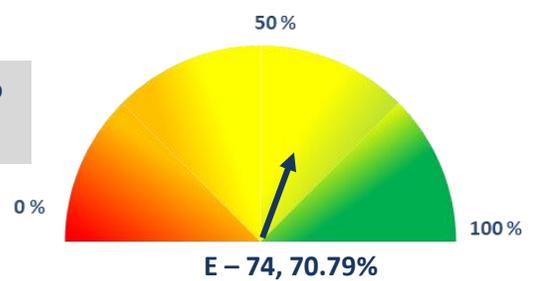
Cumplimiento
36.84%



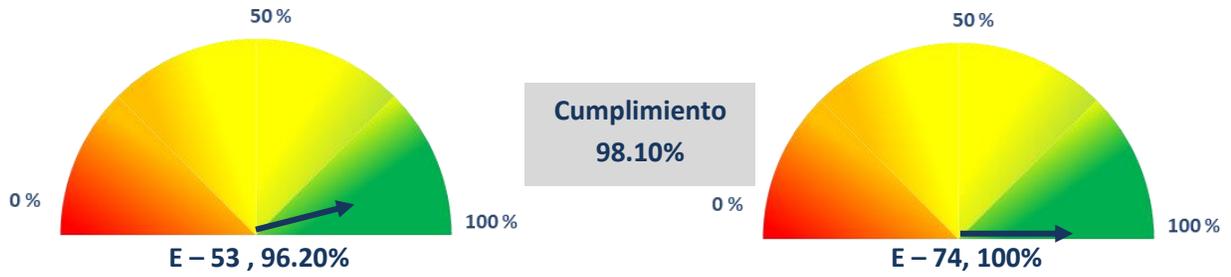
- Sacando



Cumplimiento
74.57%



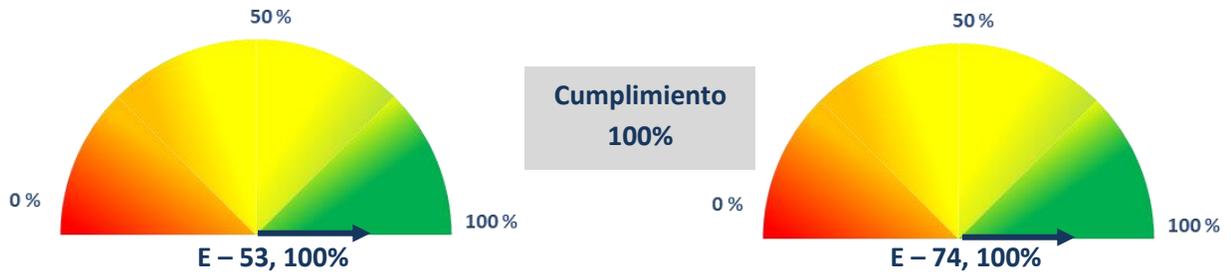
Metiendo



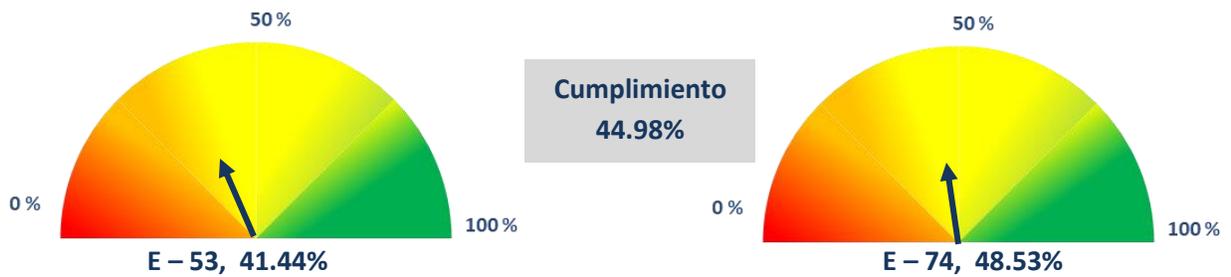
- Estacionado



- Rebajando cemento



- Superficie





- *Etapa de tubería conductora de 30" perforado con BNA de 36"*

La etapa de 30" en los pozos E-53 y E-74 se perforó con BNA tricónica de 36" a la profundidad de 202 y 200 metros respectivamente. De acuerdo con la bitácora de operación ambos pozos efectuaron la perforación de esta etapa sin complicaciones.

Sarta E-74		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
HW 5"	109.95	200
Combinación	0.76	90.05
Lastrabarrena	54.01	89.29
Combinación	1.25	35.28
Lastrabarrena	8.72	34.03
Estabilizador	2.68	25.31
Lastrabarrena	8.95	22.63
Lastrabarrena	2.74	13.68
Lastrabarrena	9.05	10.94
Combinación	0.84	1.89
Barrena triconica 36"	1.05	1.05

Sarta E-53		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
HW 5"	110.71	200
Combinación	54.01	89.29
Lastabarrena	1.25	35.28
Combinación	8.72	34.03
Lastrabarrena	2.68	25.31
Estabilizador	8.95	22.63
Lastrabarrena	2.74	13.68
Válvula de contrapresión	9.05	10.94
Combinación	0.84	1.89
Barrena triconica 36"	1.05	1.05



La gráfica anterior muestra que las macroactividades de **estacionado** y en **superficie** rebasan los tiempos programados para cada una de ellas.

Macroactividades E-53	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	0.38	0.00	0.08	0.38	0.58	0.33	0.27	1.25	3.27
Real	0.12	0.00	0.06	0.19	0.24	0.18	0.10	1.81	2.70

Macroactividades E-74	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	0.38	0.00	0.08	0.38	0.58	0.33	0.27	1.25	3.26
Real	0.35	0.00	0.04	0.37	0.60	0.36	0.20	3.70	5.62

La macroactividad de **metiendo** muestra una diferencia respecto a los dos casos de estudio, durante la introducción de TR de 30" con conexión Drill Quip en ambos casos se efectuó calibrando interior con 26", existiendo algunas variantes como:

- La prestadora de servicio que efectuó el apriete fue distinta.

- En el pozo E-74, se realizó la introducción del conductor bombeando volumen interior cada 2 tramos.

Sin embargo, teniendo como referencia el tiempo programado, el pozo E-74 denota una diferencia de 0.02 días siendo una diferencia no representativa por lo tanto no se analizará.

En el pozo E-74 el tiempo estacionado se encuentra dentro del tiempo establecido por lo tanto nos servirá como apoyo para el análisis en el pozo E-53, ya que en este pozo el tiempo real representa el doble del programado.

Macroactividad, estacionado:



Análisis:

Los tiempos de los pozos E-74 y E-53 dentro de esta macroactividad son de 0.25 días y 0.66 días respectivamente, diferencia existente de **0.41 días**.

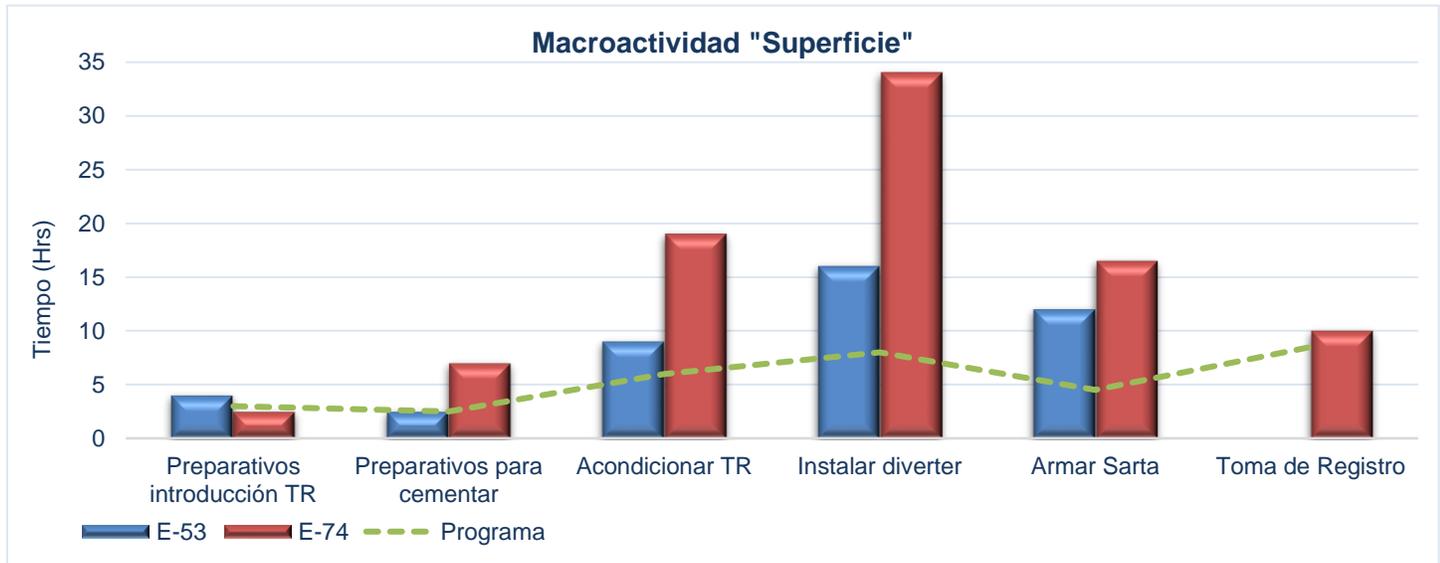
En las pruebas de C.S.C se considera la prueba de apertura y cierre que se efectuó al diverter de 29 ½", satisfactoriamente en ambos casos.

Durante la cementación el pozo E-53 la realizó alternando la UAP y bombas de equipo, cabe mencionar que la UAP nos brinda mayor precisión en el volumen bombeado y las



bombas de equipo nos brindan un mayor gasto, en el pozo E-74 la efectuó utilizando únicamente bombas del equipo, teniendo una diferencia en tiempos de **1.5 hrs.**

Macroactividad, superficie:



Eventos presentados:

- En el pozo E-74 durante los preparativos para cementar se presentó una falla en el **equipo de toma de información** con duración de **2.5 hrs.**
- Durante los preparativos de cementación en el pozo E-53 al realizar la prueba de líneas de control de 2" en UAP, se presentaron y corrigieron **fugas en dos ocasiones.**
- Durante la toma de registro en el pozo E-74 se presentaron lluvias fuertes con vientos por lo que suspendió **2.5 hrs por MCC.**
- Atención a embarcaciones, en ambos pozos para realizar recepción y envío de materiales.



Análisis:

Los tiempos de los pozos E-74 y E-53 dentro de esta macroactividad son de 4.19 días y 1.42 días respectivamente, diferencia existente de **2.77 días**.

Durante las actividades en superficie, se realizó la toma de registro giroscópico en el pozo E-74 con duración de **10 hrs**, caso contrario del pozo E-53 donde no se realizó.

En la instalación del diverter influye la habilidad del soldador, al igual que dependiendo de la altura a la que se deba colocar la campana se decidirá el armado de andamios para su instalación y habilitar líneas de 10”.

Al efectuar las actividades realizadas en la instalación del diverter, acondicionar TR y armado de sarta se aprecia que se realizaron con los mismos procedimientos, sin embargo, los tiempos son variables en las mismas deduciendo así el factor que influye en este caso es el humano, la habilidad del soldador y cuadrilla. En ambos pozos el tiempo programado no fue alcanzado aun realizando las actividades sin la presencia de NPT's.

Identificación de áreas de oportunidad:

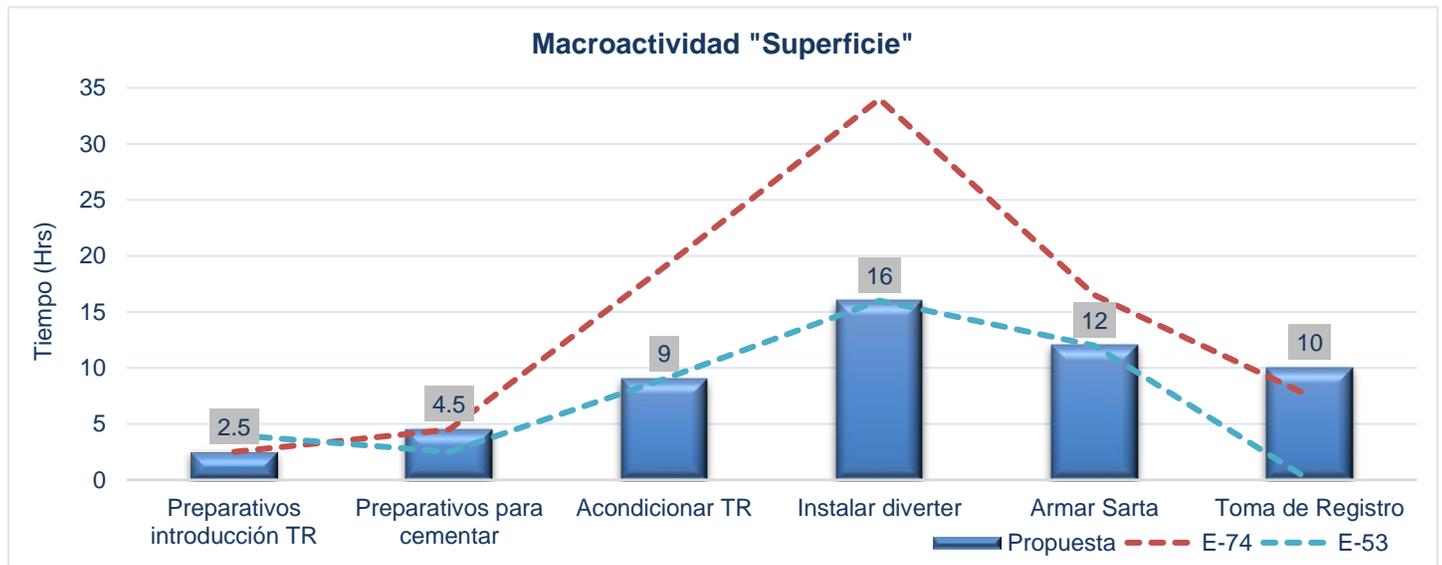
Perforación con BNA 36” – Cambio de etapa TR 30”:

- Realizar una adecuada programación de tiempos basados en el mejor desempeño alcanzado por el equipo, ya que en las actividades de instalación de diverter y armado de sarta aun sin presencia de NPT's en ellas, el tiempo programado es limitado.
- Se identifica como buena práctica efectuar la cementación alternando la UAP y las bombas del equipo, esto debido a la disminución de tiempos en esta operación.
- Los tiempos se derivan de la experiencia del perforador y habilidad para el manejo de las herramientas de la cuadrilla.
- En la introducción se identifica que la empresa en el pozo E-53 cuenta con personal con mayor experiencia y habilidad por lo tanto su desempeño será mejor.

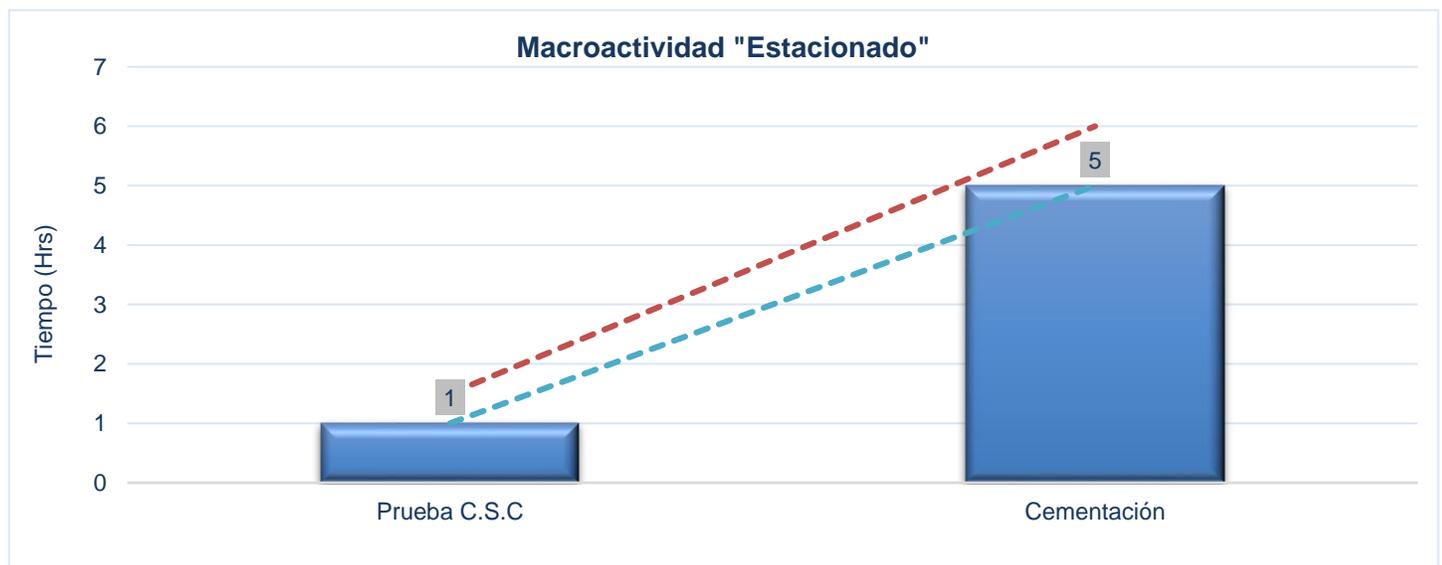


Límite técnico:

Para poder obtener los tiempos efectivos de cada macroactividad se realiza a través de la depuración de NPT's presentados en esta, aunado a esto, se continua con la metodología de límite técnico; en la cual se comparan los tiempos de los dos pozos en estudio y seleccionamos el mejor de ellos para cada microactividad.



En la macroactividad de superficie, se propone una optimización de 3.70 días siendo el mayor valor (E-74) a **2.06** días con toma de registro para la etapa de TR 30"; en la macroactividad de estacionado la optimización es de 0.36 días (E-74) a **0.25 días**





- *Etapa de tubería superficial de 20" perforado con BNA de 26"*

La etapa de 20" en los pozos E-53 y E-74 se perforó con BNA tricónica de 26" a la profundidad de 650 metros en ambos pozos de acuerdo con la bitácora de operación ambos pozos efectuaron la perforación de esta etapa sin complicaciones.

Sarta E-74		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	432.94	650
HW 5"	99.3	217.06
Combinación	0.76	117.76
Lastrabarrena	26.43	117
Martillo Hidráulico-mecánico	9.61	90.57
Lastrabarrena	54.01	80.96
Combinación	1.25	26.95
Herramienta de navegación UBHO	0.97	25.7
Combinación	1.69	24.73
Combinación	0.71	23.04
Herramienta de registro PWD	3.58	22.33
Herramienta de registro LWD-PWD	6.9	18.75
Combinación	0.42	11.85
Estabilizador	2.04	11.43
Motor de fondo	8.82	9.39
Barrena triconica 26"	0.57	0.57

Sarta E-53		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	410.75	650
HW 5"	138.3	454.25
Combinación	1.19	100.95
Lastrabarrena	27.09	99.76
Martillo Hidráulico- Mecánico	9.5	72.67
Lastrabarrena	27.21	63.17
Combinación	1.08	35.96
Herramienta de navegación UBHO	0.84	34.88
Lastrabarrena	9.16	34.04
Herramienta de navegación MWD	6.83	24.88
Lastrabarrena	4.49	18.05
Estabilizador	2.54	13.56
Motor de fondo	10.35	11.02
Barrena triconica 26"	0.67	0.67



La gráfica anterior muestra que las macroactividades de **perforando, estacionado** y en **superficie** rebasan los tiempos programados para cada una de ellas, otras que también denotan diferencia son **repasando y sacando**.

Durante la perforación de la etapa de 20" al levantar la sarta a superficie presentó **resistencia** en diversos intervalos **489 a 507 md** y **641 a 632 md** en el pozo E-53 y E-74 respectivamente, por lo cual tuvo que repasar los mismos hasta observar libre la sarta.

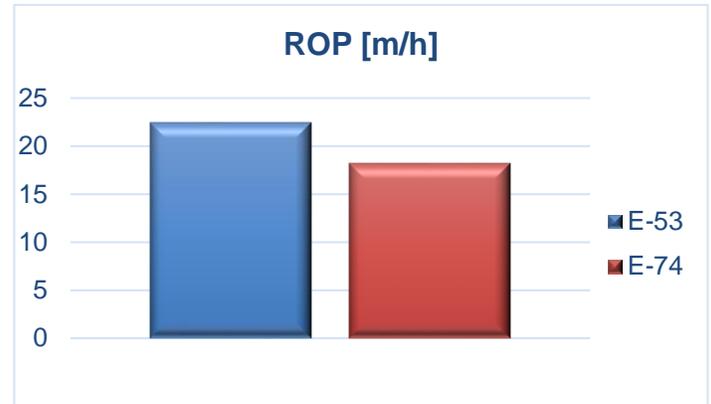
Macroactividades E-53	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	1.17	0.00	0.56	0.52	1.54	0.48	0.44	2.77	7.48
Real	1.58	0.09	0.29	0.58	0.58	0.45	0.22	5.72	9.51

Macroactividades E-74	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	1.17	0.00	0.56	0.52	1.54	0.48	0.44	2.77	7.48
Real	2.08	0.03	0.18	0.43	1.31	0.64	0.35	6.79	11.81



La macroactividad de sacando en el pozo E-74 cuenta con un valor dentro del establecido en el programa y el pozo E-53 muestra una diferencia de 0.06 días siendo una diferencia no representativa no se analizará.

Macroactividad, perforando:



Análisis:

En la macroactividad de perforando el pozo E-53 la realizó en 1.58 días y el pozo E-74 en 2.08 días ambos fuera del tiempo programado, con una diferencia del **0.5 días** entre ambos.

En ambos casos la perforación se realizó tomando registro giroscópico por lo tanto se tomará dentro del tiempo de perforación, cabe destacar que el mismo no se encontraba establecido dentro del programa de perforación; durante las últimas dos corridas del pozo E-74 se efectuó la circulación de dos tiempos de atraso aumentando así la toma de este.

Las gráficas superiores nos muestran que el pozo E-53 realizó las conexiones con un tiempo promedio, al igual se puede observar que su ROP es mayor; bajo estas condiciones el E-53 tendrá un mejor desempeño en su perforación en comparación con el pozo E-53.

Los tiempos de conexión son primordialmente resultado de la habilidad y experiencia de la cuadrilla de perforación.



Macroactividad, estacionado:



Eventos presentados:

- Durante la prueba de hermeticidad de TR de 20" en el pozo E-74 se observó falla en válvula hidráulica del carrete de trabajo y falla de válvula RAM lock de bomba koomey, con duración de **1 hr**.
- Al realizar las pruebas de hermeticidad de las líneas de cementar, se presentaron **fugas**, mismas que se corrigieron.
- En el pozo E-74 se efectuó una corrida de registro giroscópico después de circular para efectuar la limpieza del pozo al término de la perforación, incorporándose así, en actividades dentro del cambio de etapa como una actividad no programada con duración de **2 hrs**.

Análisis:

Los tiempos de los pozos E-74 y E-53 dentro de esta macroactividad son de 0.64 días y 0.45 días respectivamente, diferencia existente de **0.19 días**.

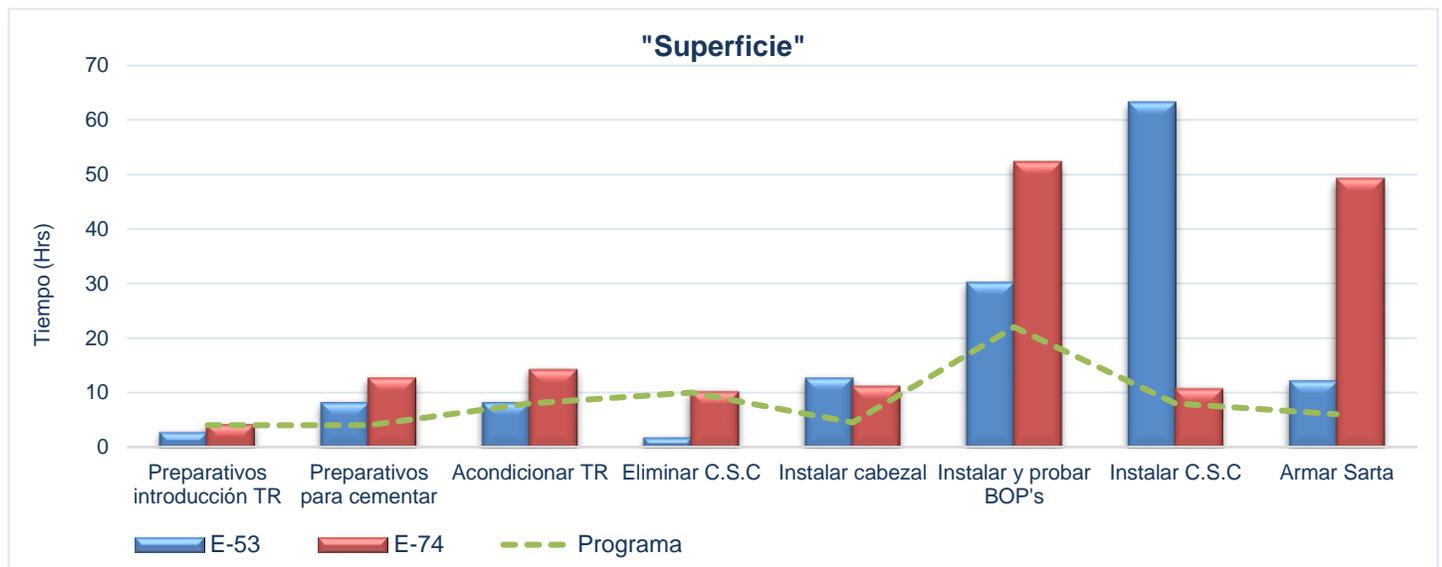


El pozo E-53 se encuentra dentro del tiempo programado por lo tanto nos servirá como referencia para el análisis del pozo E-74.

El tiempo en la prueba de hermeticidad de TR aumento en el pozo E-74 debido a la falla presentada, sin embargo, la información no se encuentra discretizada para conocer de manera más precisa su impacto en la actividad.

Ambos pozos perforaron a la misma profundidad de 650 md y la cementación se realizó con la UAP, por lo tanto, se le atribuye la diferencia de tiempo al gasto con el que fue realizado.

Macroactividad, superficie:



Eventos presentados:

- Durante la instalación de CSC se presentaron **56.5 de MCC** por lo que se suspendió la actividad, en el pozo E-53.
- Presencia de **fugas** a las líneas de cementar y línea del stand pipe al realizar prueba de hermeticidad de cabeza de cementar, en el pozo E-53.



- En la instalación de BOP's dentro el pozo E-74, este efectuó **el armado del string de preventores** de 20 $\frac{3}{4}$ " , al igual que se efectuó cambio de guardia de personal; caso contrario del pozo E-53 donde solo se realizó el armado.
- **Atención a embarcaciones** para realizar actividades simultaneas, tales como recepción de cajas de recorte y lodo de E.I. con retrasos debido a MCC.

Análisis:

Los tiempos de los pozos E-74 y E-53 dentro de esta macroactividad son de 6.79 días y 5.72 días respectivamente, diferencia existente de **1.07 días**.

En el tiempo de **instalación de BOP's** al depurar los NPT's el pozo E-53 finaliza con un tiempo de **26.5 hrs mientras** que el E-74 continúa con **42 hrs**, sin embargo ambos sobrepasan los tiempos programados para esta actividad; se denota diferencia con el tiempo programado debido a que los **preventores** arribaron **seccionados**, el equipo ECO no cuenta con las características necesarias para realizar la instalación del string ya armado en comparación con otros equipos. Durante la operación en el pozo E-74 se realizó una modificación a la campana para su correcto funcionamiento.

En el pozo E-53 se efectuó una **estimulación a otro pozo** de forma simultánea a la instalación de C.S.C, aún con esta actividad extra el tiempo sigue siendo menor que en el E-74.

En el pozo E-74 durante los preparativos de cementación se efectuó forma simultánea la limpieza de las presas de trabajo 1,2 y 3 recibiendo lodo de E.I en las mismas, por lo cual los tiempos de operación presentan un aumento.

En esta etapa se puede observar el impacto de la presencia de MCC en los tiempos operacionales; recordando que es un factor impredecible por lo tanto las intervenciones se pueden llegar afectadas en cualquier operación.



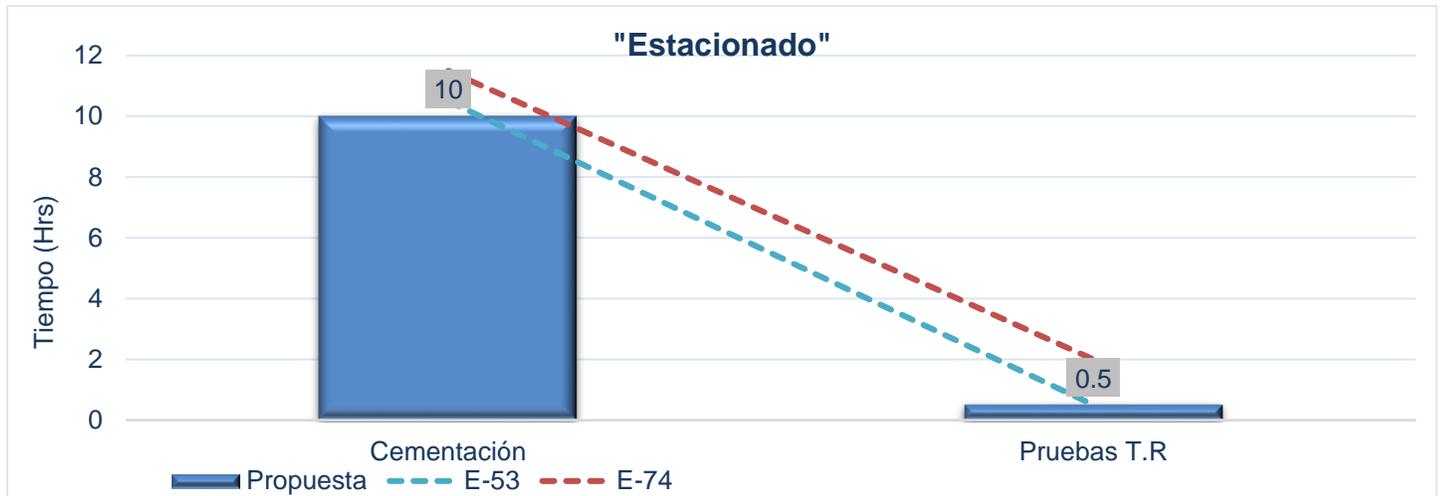
Identificación de áreas de oportunidad:

Perforación con BNA 26" – Cambio de etapa TR 20":

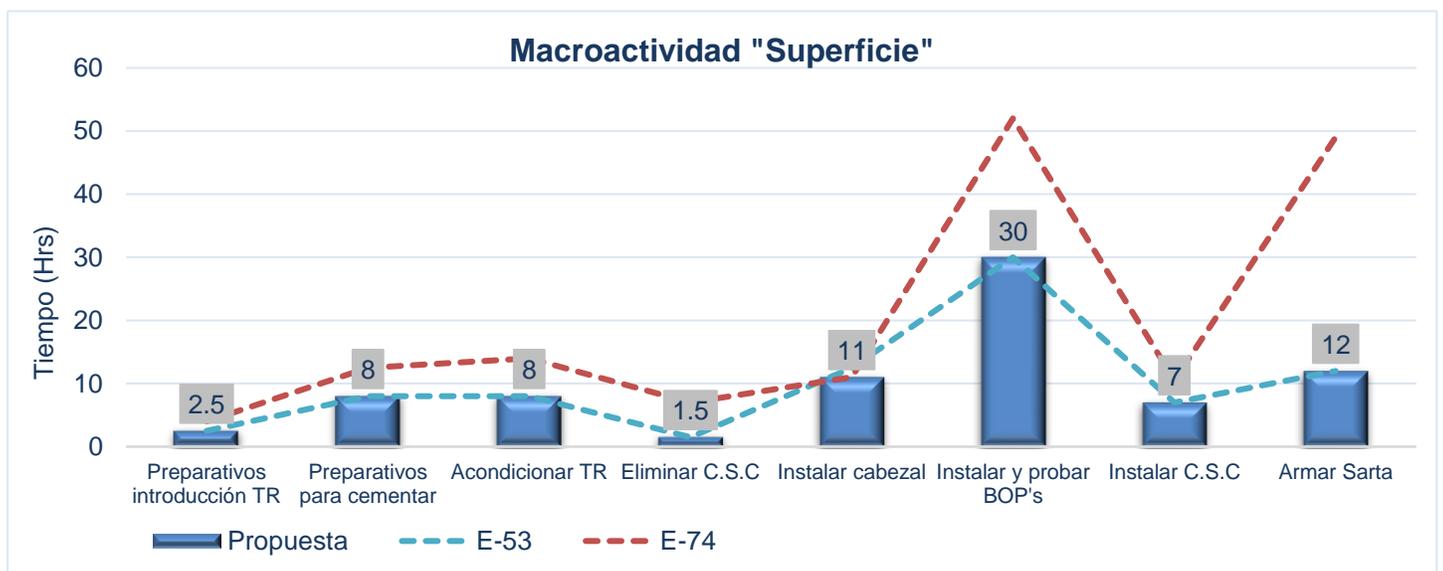
- La comunicación con la línea de mando abordo y en tierra en conjunto con área de logística nos permite realizar una mejor coordinación para la recepción y envío de materiales, identificando los tiempos correctos dentro de las operaciones para realizarlos.
- Durante la elaboración de los programas de perforación se debe realizar un análisis de la posición del conductor a través del cual se intervendrá el pozo, con la finalidad de poder realizar una correcta programación de tiempos principalmente en la operación de instalación y prueba de preventores debido a que en equipos modulares estos deben ser armados seccionados por sus restricciones estructurales.
- En ambos pozos al efectuar pruebas en las líneas de cementar se presentaron fugas, por lo cual se identifican para un mantenimiento o cambio en las mismas.
- Al realizar la discretización de tiempos sin considerar los NPT's, los tiempos establecidos en el programa para las operaciones de instalación y prueba de cabezal, instalación y prueba de preventores en contraste con los obtenidos en la operación son mayores en ambas intervenciones resaltando una inadecuada programación.
- La discretización de actividades en las cuales incluye preparativos o pruebas dentro de los programas se sugiere para poder efectuar así un análisis más puntual a todas las operaciones dentro de la intervención.

Límite técnico:

Para poder obtener los tiempos efectivos de cada macroactividad se realiza a través de la depuración de NPT's presentados en esta, aunado a esto, se continua con la metodología de límite técnico; en la cual se comparan los tiempos de los dos pozos en estudio y seleccionamos el mejor de ellos para cada microactividad.



En la macroactividad de superficie, se propone una optimización de 6.79 días siendo el mayor valor (E-74) a **3.33** días con toma de registro para la etapa de TR 30"; en la macroactividad de estacionado la optimización es de 0.64 días (E-74) a **0.43 días**



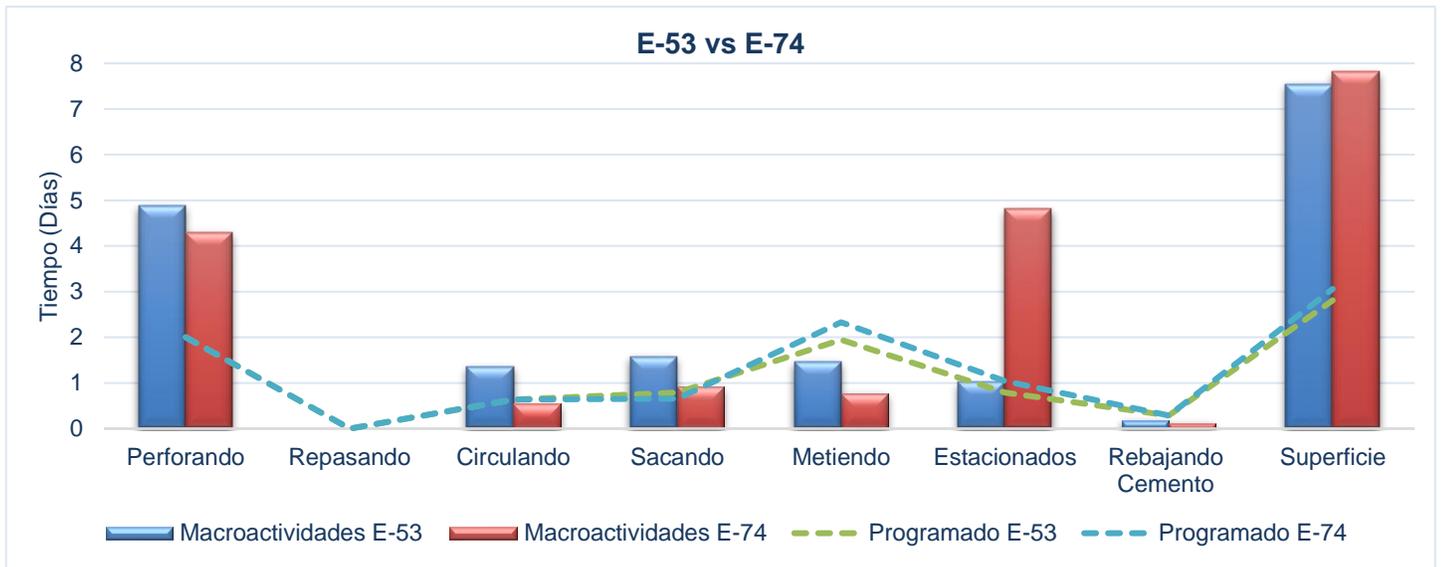


- *Etapa de tubería intermedia de 16" perforado con BNA de 18 1/4"*

La etapa de 16" en los pozos E-53 y E-74 se perforó con BNA tricónica de 18 1/4" a la profundidad de 1,752 y 1,738 metros respectivamente.

Sarta E-74		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	1,407.06	1,638
HW 5"	109.03	230.94
Combinación	0.76	121.91
Lastrabarrena	26.43	121.15
Martillo Hidráulico	9.61	94.72
Lastrabarrena	54.01	85.11
Combinación	1.18	31.1
Lastrabarrena	9.06	29.92
Filtro de fondo liso	1.69	20.86
Válvula de contrapresión	0.83	19.17
Estabilizador	2.52	18.34
Combinación	0.59	15.82
Herramienta de navegación MWD	3.52	15.23
Herramienta de registro LWD-PWD	6.9	11.71
Estabilizador	1.82	4.81
Autotrack Estabilizado	2.53	2.99
Barrena cortadores fijos 18 1/4"	0.46	0.46

Sarta E-53		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	1,480	1,752
HW 5"	138.3	271.06
Combinación	1.09	132.76
Lastrabarrena	26.86	131.67
Martillo Hidráulico - Mecánico	9.5	104.81
Lastrabarrena	54.3	95.31
Lastrabarrena	7.9	41.01
Combinación	0.87	33.11
Herramienta de navegación MWD	5.39	32.24
Herramienta de registro PWD	3.73	26.85
Combinación	0.96	23.12
Lastrabarrena	8.44	22.16
Estabilizador	2.35	13.72
Válvula de contrapresión	0.81	11.37
Motor de fondo	10.19	10.56
Barrena cortadores fijos 18 1/4"	0.37	0.37



En el programa de perforación se realizó la programación de tiempos diferentes para las macroactividades de sacando, metiendo, estacionado y en superficie para cada pozo; por lo tanto, en esta etapa contaremos con dos referencias de tiempo para cada uno.

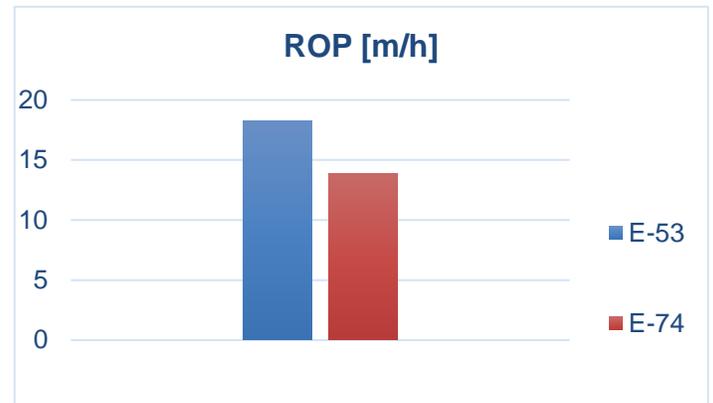
La gráfica anterior muestra que las macroactividades de **perforando, circulando, sacando, estacionado y en superficie**, rebasan los tiempos programados para cada una de ellas, por lo cual realizaremos un análisis de las siguientes cinco macroactividad.

Macroactividades E-53	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	2.00	0.00	0.64	0.79	1.95	0.79	0.29	2.81	9.27
Real	4.89	0.00	1.75	1.58	1.43	1.10	0.18	7.54	18.47

Macroactividades E-74	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	2.00	0.00	0.64	0.66	2.33	1.04	0.29	3.06	10.02
Real	4.29	0.00	0.54	0.91	0.77	4.81	0.12	7.81	19.25

El tiempo efectuado en el pozo E-74 en la macroactividad se encuentra dentro del tiempo programado, por lo cual nos servirá como referencia para el análisis del tiempo efectuado en el pozo E-53.

Macroactividad, perforando:



Eventos presentados:

- En el pozo E-53 A la profundidad de 1,091 md suspende por falla electrónica en la herramienta direccional, con duración de **28.5 hrs.**
- Se observó fuga a 1,101 en el pozo E-53 entre la campana y la charola ecológica, con duración **0.5 hr.**
- A la profundidad de 1,369 md en el pozo E-53 se reparó falla en el SCR, con duración de **2.5 hrs.**
- En el pozo E-74 a la profundidad de 688 md se suspende por falla en máquinas EMD's por variación de corriente, con duración de **4 hrs.**
- A la profundidad de 919 md se presentó una falla en las bomba de equipo #1 donde se observó el módulo de descarga lavado con duración de **15.5 hrs.**



Análisis:

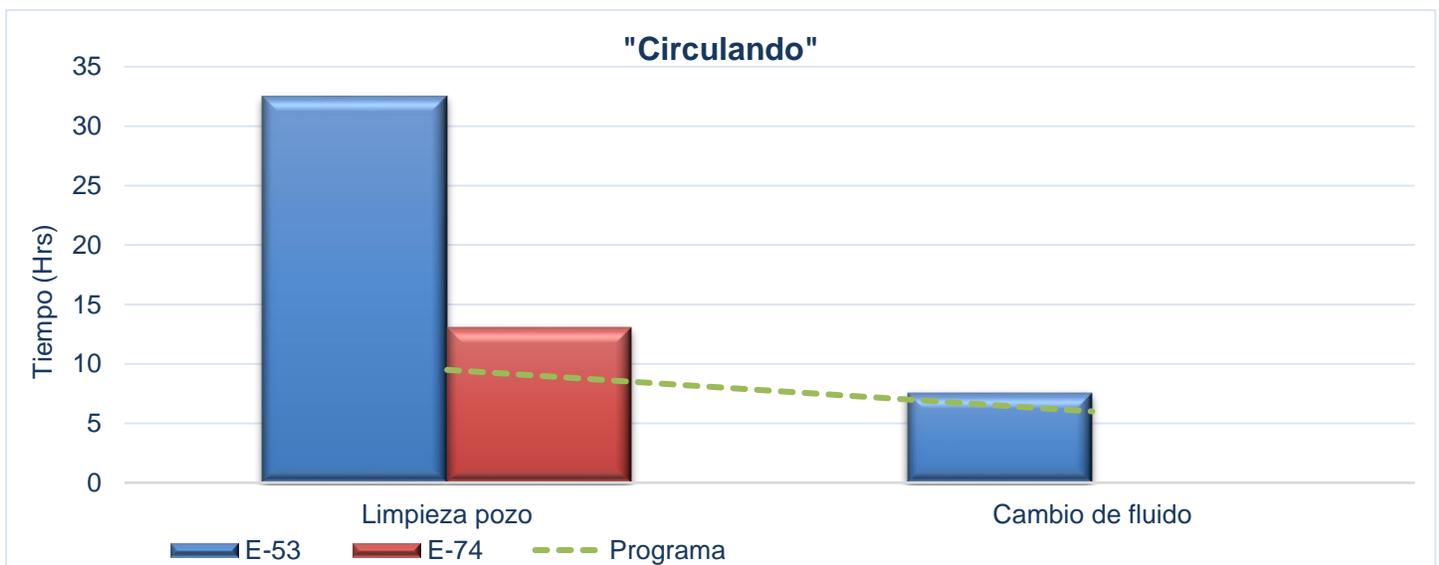
En esta macroactividad el pozo E-53 la efectuó en 4.89 y el pozo E-74 en 4.29 con una diferencia de tiempo de **0.6 días** entre ambos pozos, ambos repasan el tiempo programado.

En las gráficas superiores podemos observar que las conexiones en el pozo E-74 se efectuaron en menor tiempo comparado con el E-53, sin embargo, su ROP fue menor; se puede apreciar que, aunque la ROP sea menor una variante que puede determinar tu tiempo de perforación es el obtenido en las conexiones.

Durante la perforación de esta etapa la variación de tiempos entre ambos pozos fue determinada por los NPT's, que suman un total de **1.6 días** en ambas intervenciones. Las fallas que se presentaron fueron en su mayoría por herramientas pertenecientes al equipo, por lo que se debe prestar atención al mantenimiento de estos.

En ambos casos el tiempo no programado no fue alcanzado, aun depurando los tiempos reales de los NPT's para conocer los tiempos efectivos obtenemos, **3.47 días** y **4.04 días** en el pozo E-74 y E-53 respectivamente; realizando la referencia que durante ambas intervenciones al estar perforando efectuaron con actividades simultaneas, atendiendo embarcaciones para recepción y envío de materiales.

Macroactividad, circulando:





Eventos presentados:

- Se presentó fuga en el pozo E-53 en embudo de barita, con una duración de **16.5 hrs.**
- Atención a embarcaciones para recepción y envío de lodo y cajas de recorte con duración de **2 hrs.**

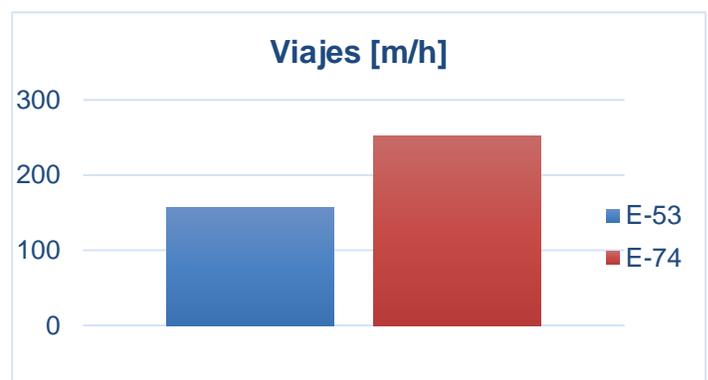
Análisis:

El pozo E-53 efectuó esta macroactividad en 1.35 días y el pozo E-74 en 0.54 días, el tiempo de este último se encuentra dentro del establecido en el programa por lo tanto nos servirá como referencia, la diferencia existente entre ambos pozos es de **0.81 días.**

Al término de la perforación en el pozo E-53 y efectuar la limpieza del pozo se observa recorte en temblorinas, por lo cual se continuó circulando con movimientos recíprocos de sarta de 1,752 a 1,737 md, aumentando así el tiempo de circulación; al realizar el viaje corto en el mismo intervalo se circuló dos tiempos de atraso debido a la presencia de resistencias y arrastres.

Existe una diferencia en operaciones el pozo E-53 efectuó desplazamiento en **7.5 hrs** el cual se encontraba dentro del programa, sin embargo, el pozo E-74 no lo realizó, este lo efectuó hasta la perforación de la siguiente etapa; los cambios de fluido se efectúan de acuerdo con las características geológicas, por lo tanto, se deduce que la profundidad a la que perforo esta etapa no cumplía con dichas características.

Macroactividad, sacando:





Eventos presentados:

- En el pozo E-53 se efectuó por cambio de programa el retiro del piso de perforación araña elevadora, con duración de **9.5 hrs.**

Análisis:

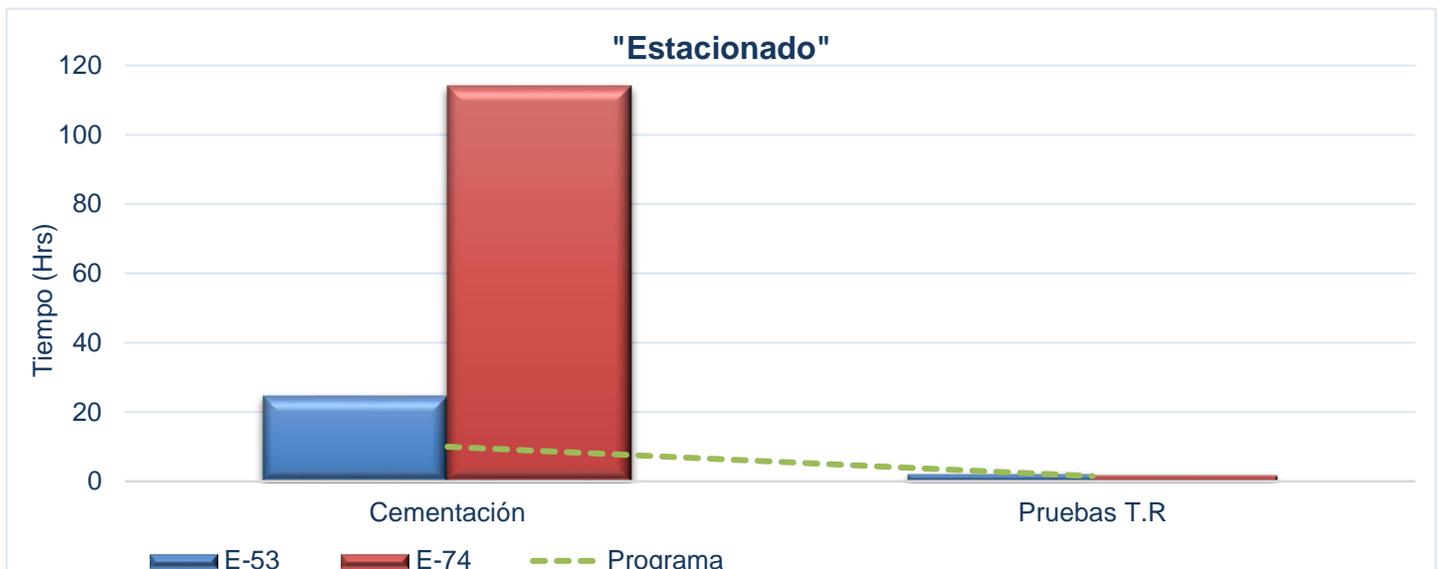
El pozo E-53 y E-74 efectuaron esta macroactividad en 1.58 y 0.91 días respectivamente ambos fuera del tiempo programado, obteniendo una diferencia de **0.61 días.**

Dentro de esta macroactividad se incluye también la eliminación de la sarta esto relacionado a que en los programas de perforación los tiempos son considerados dentro de una misma actividad; el pozo E-74 realizó menor tiempo en esta actividad destacando la habilidad de la cuadrilla para el manejo de las herramientas necesarias para efectuar esta operación.

En las gráficas superiores podemos observar que el tiempo por conexión es menor en el pozo E-74 en comparación con el pozo E-53, al igual que los tiempos de viaje presentados en el pozo E-74 tiene una velocidad mayor; debido a estas condiciones de operación en este pozo logra obtener un menor tiempo.

Durante el viaje a superficie de la sarta se presentaron arrastre en el pozo E-53 en el intervalo 1752 a 1306 md, por lo que la operación tuvo que ser más lenta, esto debido a que la constante observación y verificación de la estabilidad del agujero se realizó de forma continua para cuidar la integridad de la operación el no realizarlo la presencia de algún atrapamiento aumenta.

Macroactividad, estacionado:



Eventos presentados:

- Se presentó el **deslizamiento de la TR de 16"** en el pozo E-74 derivado a la falta de fraguado, se coloca la TR en araña base esperando fraguado, este problema tuvo una duración de **90 hrs.**

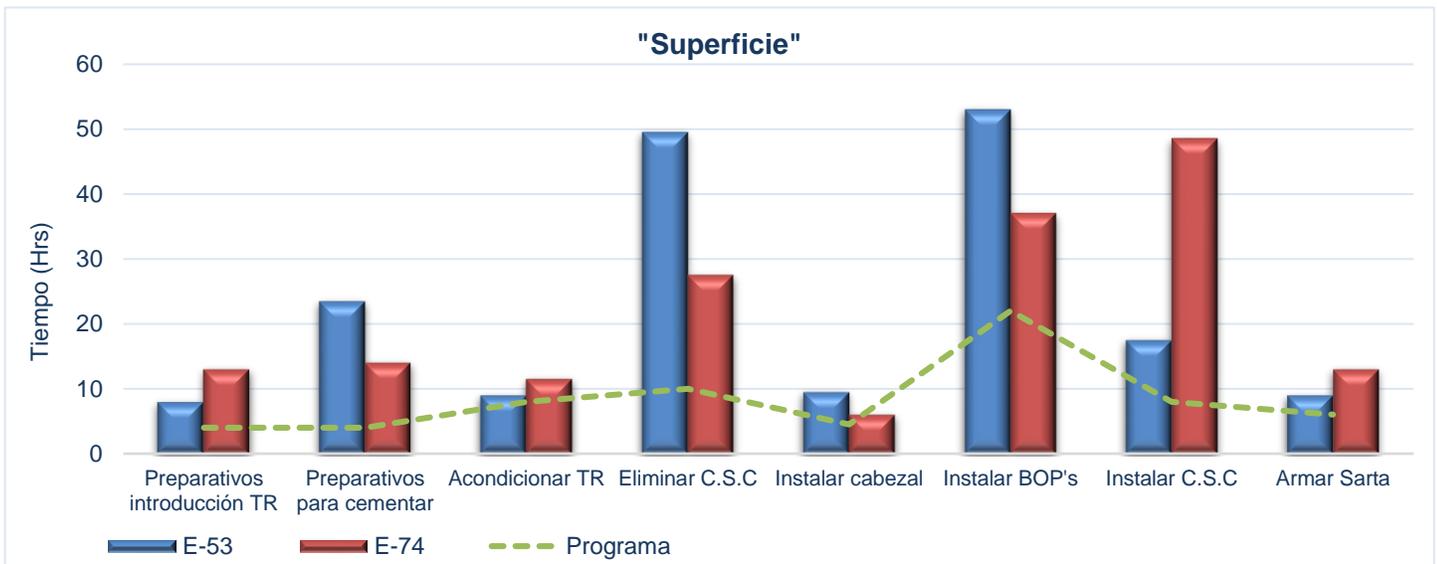
Análisis:

El pozo E-53 y E-74 efectuaron esta macroactividad en 1.02 y 4.81 días respectivamente ambos fuera del tiempo programado, obteniendo una diferencia de **3.79 días.**

Realizando una discretización de los NPT's presentados en el pozo E-74 en el tiempo de cementación, este se consolida en 24 hrs, tiempo similar al efectuado en el pozo E-53; encontrado como única variante el tiempo de fraguado el cual cuenta con una diferencia de 2 hrs entre ambos.

El incumpliendo se dentro de esta macroactividad, se puede deducir a la mala programación de tiempo para esta operación, debido a que se observa el mismo comportamiento de tiempo en las dos intervenciones aunado de los NPT's presentados.

Macroactividad, superficie:



Eventos presentados:

- En el pozo E-74 se presentó una **falla en la tarjeta electrónica** en tablero de control de perforador, esta tuvo una duración de **35.5 hrs.**
- Durante la instalación de C.S.C se realizó la **calibración del freno de la corona** y paro de emergencia del top drive en el pozo E-53, con duración de **1.5 hrs.**
- Al realizar la instalación de campana, línea de flote y charola ecológica se presentaron fuertes lluvias por cual se tuvo que suspender la operación por presencia de MCC con duración de **4 hrs.**
- Se observó **acñamiento** en TR 16", se cortó insertos de araña base se calificó como falla con una duración **de 26.5 hrs**, en el pozo E-53 durante la eliminación de C.S.C.

Análisis:



En esta macroactividad los tiempos tienen un comportamiento similar al pozo E-53. En esta macroactividad se realizó con una duración de 7.51 hrs en el pozo E-53 y una duración de 7.81 hrs en el pozo E-74 teniendo una diferencia de **0.3 días**, sin embargo, el pozo E-53 presentó NPT's.

Durante la instalación de preventores el pozo E-53 efectuó soldadura de cartabones en el piso de preventores para mantener **centrado el pozo**, lo cual afectó el tiempo de instalación, realizándola en **31 hrs** en comparativa con el pozo E-74 que la realizó en **24.5 hrs**.

En las operaciones de instalación y desinstalación de C.S.C se vieron afectadas por los **NPT's** presentadas en estas operaciones obteniendo un tiempo acumulado de **66 hrs**, como fueron el acuñamiento de la TR y la falla en la tarjeta electrónica; al igual que dentro de la bitácora de operación la **discretización de información** no está efectuada correctamente por lo que parte del tiempo efectuado en la prueba de preventores se incluye en la instalación de C.S.C en el pozo E-74.

Al realizar el armado de la sarta el pozo E-53 lo efectuó en menor tiempo que el pozo E-74, al verificar la bitácora de operación se observa que se realizó el mismo procedimiento, por lo tanto, destaca la habilidad del personal para efectuar esta operación en el pozo E-53.

Identificación de áreas de oportunidad:

Perforación con BNA 18 1/4" – Cambio de etapa Liner 16":

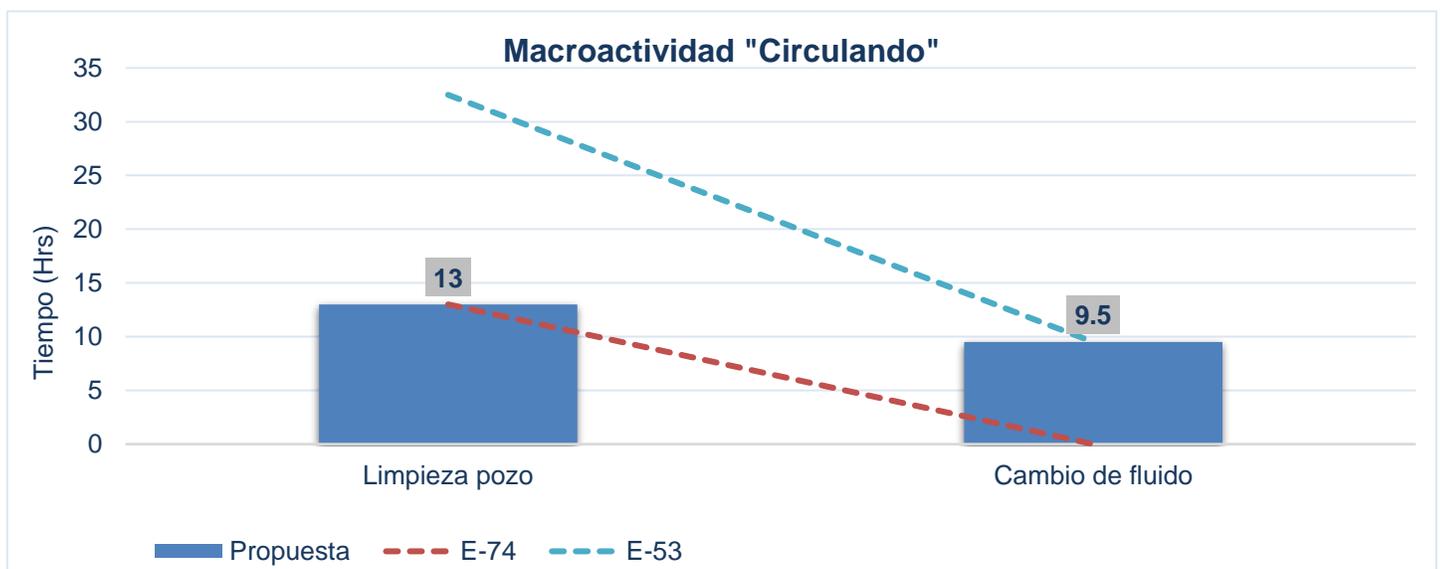
- Destaca la importancia de tener una buena comunicación entre el área de logística y operaciones, en esta etapa derivado a la recepción y envío de materiales, las cuales estuvieron presente en toda la operación aumentando así su tiempo de ejecución; recordando que al realizar recepción/envío de material no se detiene la operación, sin embargo, el personal o equipo se puede dividir en tareas simultáneas.

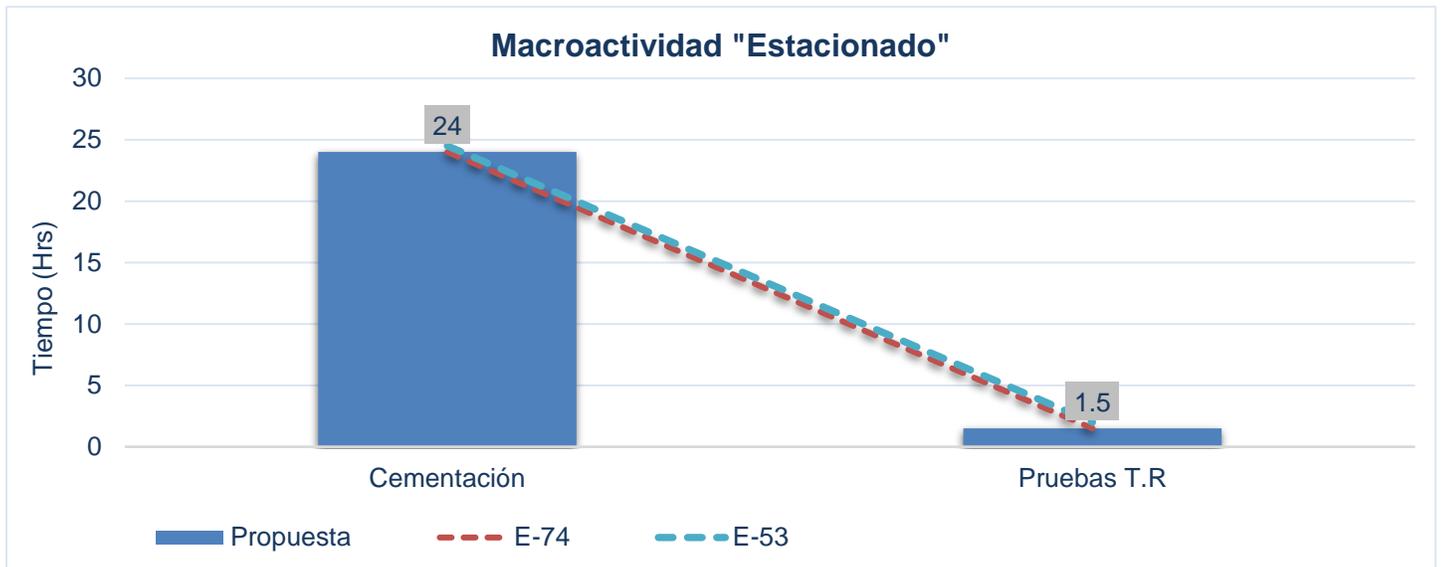


- Durante la perforación los NPT's presentados fueron relacionados con fallas en el equipo tales como fallas en EMD's y bombas del equipo, por lo cual se debe prestar atención en estos efectuando mantenimientos preventivos y así evitar la reincidencia.
- La elaboración de programas de donde se discreticen las operaciones de sacar la sarta a superficie y su eliminación, considerando el tiempo adecuado para cada una de estas operaciones a través de históricos del mismo equipo.
- Trabajar en la correcta captura de información dentro de la bitácora de operación discretizando las distintas operaciones realizadas durante la perforación y cambio de etapa; se podrá obtener un mejor monitoreo ayudando a la identificación de una forma más precisa el área de oportunidad en dichas operaciones.

Límite técnico:

Para poder obtener los tiempos efectivos de cada macroactividad se realiza a través de la depuración de NPT's presentados en esta, aunado a esto, se continúa con la metodología de límite técnico; en la cual se comparan los tiempos de los dos pozos en estudio y seleccionamos el mejor de ellos para cada microactividad.





En la macroactividad de circulando, se propone una optimización de 1.75 días siendo el mayor valor (E-53) a **0.93** días; en la macroactividad de estacionado la propuesta es de 4.81 días (E-74) **1.06** días y en la macroactividad de superficie la optimización de 7.81 días (E-74) a **4.95** días.

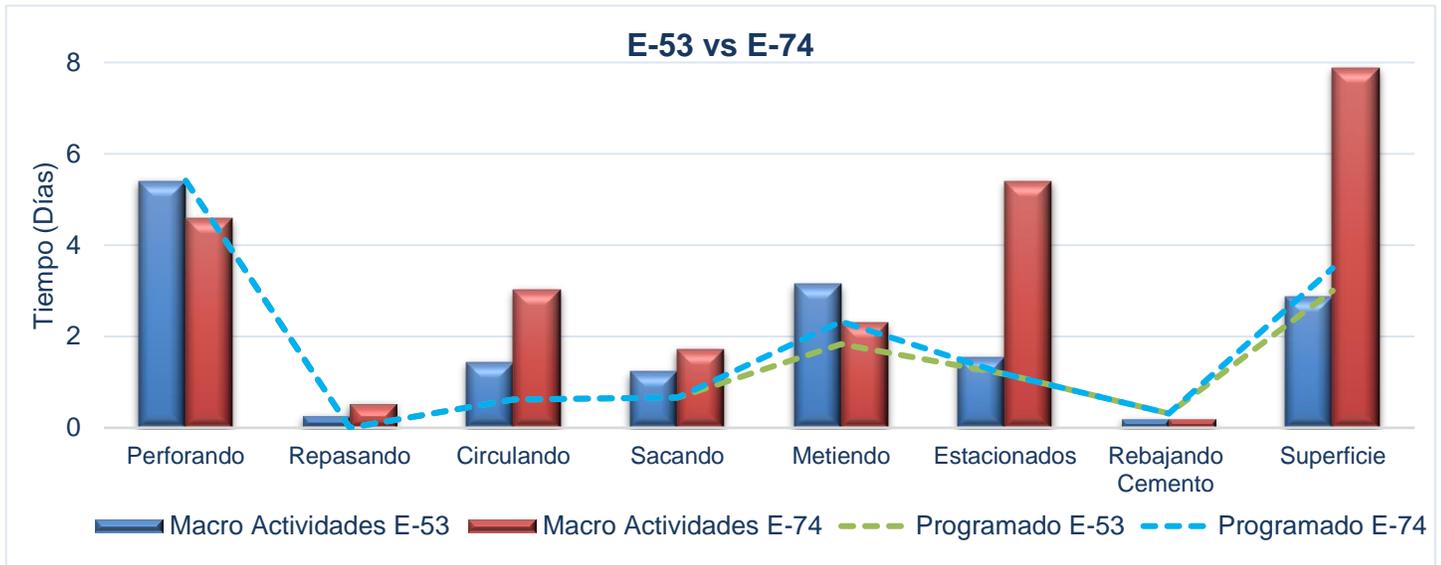


- *Etapa de tubería intermedia de 11 7/8” perforado con BNA de 14 1/2”*

La etapa de 11 7/8” en los pozos E-53 y E-74 se perforó con BNA tricónica de 18 1/4” a la profundidad de 3155 y 2757 metros respectivamente.

Sarta E-74		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	2,498.58	2,757
HW 5"	136.83	258.42
Combinación	0.76	121.59
Latrabarrena	26.43	120.83
Martillo Hidráulico	9.63	94.4
Latrabarrena	54.01	84.77
Combinación	1.18	30.76
Latrabarrena	9.06	29.58
Herramienta de limpieza	1.69	20.52
Válvula de contrapresión	0.83	18.83
Estabilizador	2.34	18
Combinación	0.59	15.66
Herramienta de registro LWD-PWD	3.52	15.07
Herramienta de navegación MWD	6.9	11.55
Estabilizador	1.72	4.65
Latrabarrena	2.52	2.93
Barrena cortadores fijos 14 1/2"	0.41	0.41

Sarta E-53		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	2,890.14	3155
HW 5"	138.16	264.86
Combinación	1.09	126.7
Latrabarrena	26.86	125.61
Martillo Hidráulico	9.33	98.75
Latrabarrena	54.3	89.42
Herramienta de limpieza	0.86	35.12
Válvula de contrapresión	0.64	34.26
Latrabarrena	8.44	33.62
Combinación	0.61	25.18
Herramienta de registro PWD	5.37	24.57
Herramienta de navegación MWD	3.69	19.2
Herramienta de registro LWD	8.25	15.51
Combinación	0.75	7.26
Estabilizador	1.98	6.51
Sistema Rotatorio	4.12	4.53
Barrena cortadores fijos 14 1/2"	0.41	0.41



En el programa de perforación se realizó la programación de tiempos diferentes para las macroactividades de metiendo y en superficie para cada pozo; por lo tanto, en esta etapa contaremos con dos referencias de tiempo para cada uno.

Realizando el análisis de la gráfica de macroactividades, se observa que las etapas en donde se encuentra una diferencia de duración son: **circulando, sacando, metiendo, estacionado y en superficie**. Por lo tanto, nos enfocaremos a estas cinco macroactividades en la etapa de 11 7/8”.

Macroactividades E-53	Perforando	Repasando	Circulando	Sacando	Metiendo	Estacionados	Rebajando Cemento	Superficie	TOTAL
	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]
Programado	5.41	0.00	0.62	0.66	1.83	1.18	0.31	3.00	13.01
Real	5.39	0.26	1.43	1.22	3.14	1.54	0.18	2.87	16.03

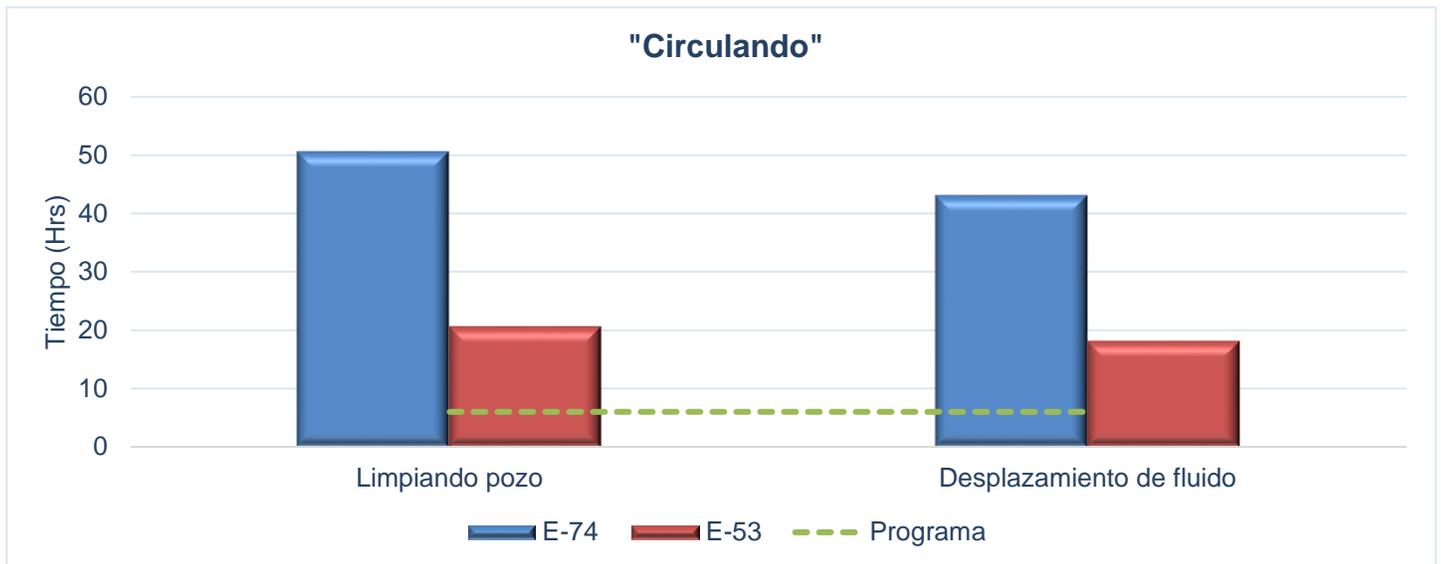
Macroactividades E-74	Perforando	Repasando	Circulando	Sacando	Metiendo	Estacionados	Rebajando Cemento	Superficie	TOTAL
	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]	[Días]
Programado	5.41	0.00	0.62	0.66	2.33	1.18	0.31	3.50	14.01
Real	4.58	0.52	3.02	1.72	2.29	5.39	0.18	7.87	25.56



En la macroactividad de metiendo en el pozo E-74 el tiempo efectuado se encuentra dentro del tiempo programado, por lo tanto, se utilizará como referencia en el análisis de esta macroactividad en el pozo E-53.

De igual forma se observa que en la macroactividad de estacionado el comportamiento entre ambos pozos es similar, sin embargo, no cumplen con el tiempo programado.

Macroactividad, circulando:



Eventos presentados:

- En el pozo E-74 se mantuvo circulando por espera de cemento para efectuar la cementación de la TR de 11 7/8" durante **23 hrs.**
- Al efectuar el desplazamiento y en los diversos momentos en que se circuló se presentaron esperas por MCC teniendo estas una duración de **38 hrs**, en el pozo E-74.

Análisis:

En ambos casos el tiempo programado no se cumplió el tiempo realizado en el pozo E-53 y E-74 fue de 1.43 y 3.02 días respectivamente, teniendo una diferencia entre ambos pozos de **1.59 días.**



El principal impacto que tuvo en sus tiempos el pozo E-74 fueron los NPT's presentados circulando, sin embargo, al realizar el análisis de la bitácora de operación se observa que en este pozo se circuló en reiteradas ocasiones a comparación del pozo E-53. Debido los viajes realizados por la utilización de **sarta lisa**.

Macroactividad, sacando:



Análisis:

En esta macroactividad el pozo E-53 y E-74 la efectuaron en 1.22 y 1.72 días respectivamente, obteniendo una diferencia de **0.5 días** entre ambos pozos.

Cabe mencionar que no solo se considera el tiempo realizado al sacar la sarta también se incluye el tiempo de eliminar la misma en superficie, esto debido a que el programa de perforación engloba estas actividades en solo un tiempo programado, haciendo su análisis de cumplimiento menos puntual.

Se observa en la gráfica de macroactividades que ambos pozos no cumplen con el tiempo programado mostrando así la mala programación de tiempos en esta actividad, sin embargo, muestran un comportamiento similar, donde su diferencia es de **0.5 días**.

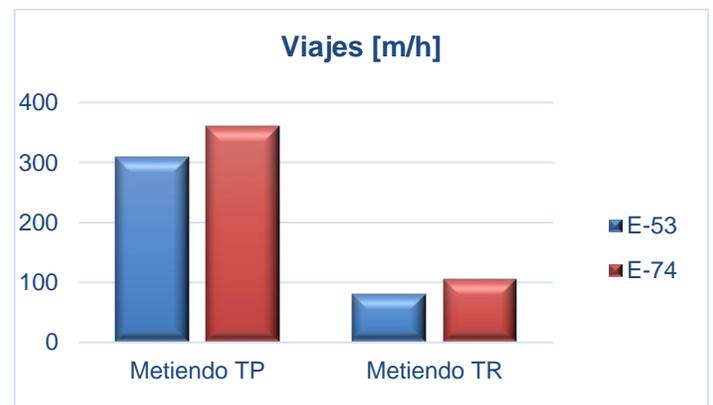
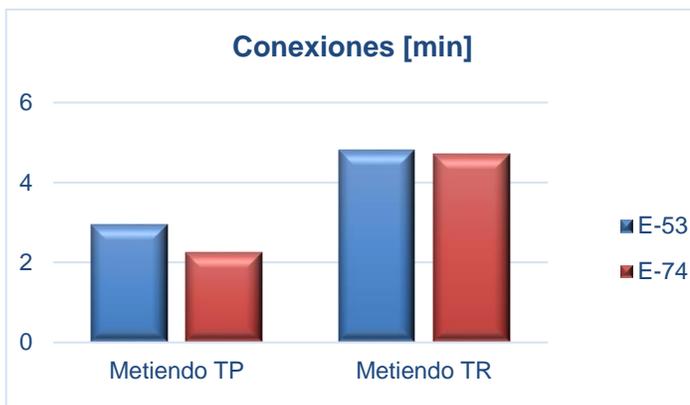
Se observa en las gráficas que el tiempo de conexión y de viaje no se encuentra una diferencia significativa, por lo tanto, este análisis se enfocará hacia las operaciones realizadas.



Al efectuar la desarticulación de la sarta en ambos pozos se realiza la recepción de TR de 11 7/8", sin embargo, el pozo E-53 realiza esta actividad en **4.5 hrs** menor tiempo que el pozo E-74 que la realiza en **16 hrs**, cabe destacar que el E-53 contaba con una sarta con mayor longitud (3155 m), resaltando así la **habilidad del personal** de este pozo para realizar actividades simultaneas.

De igual forma se puede ver la habilidad del personal al efectuar el corte y desliz del cable al realizarlo con menor tiempo el pozo E-53, con una diferencia de **2 hrs**.

Macroactividad, metiendo:



Análisis:

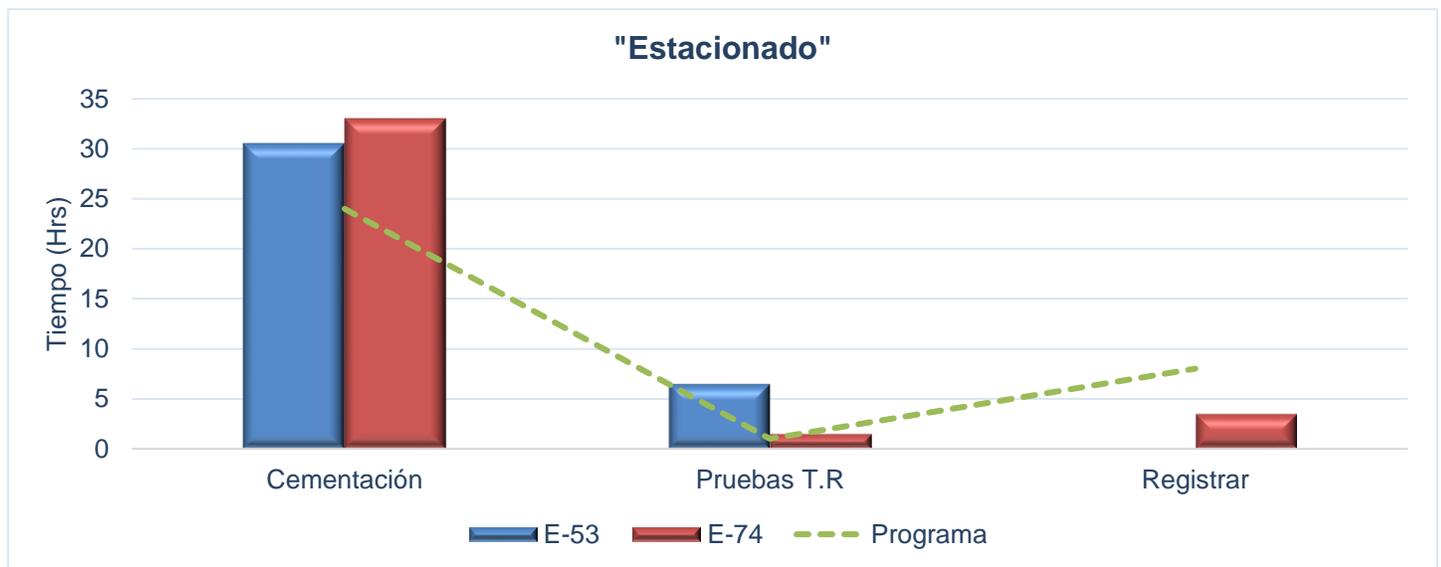
En esta macroactividad el pozo E-74 cumple con el tiempo programado en comparación con el pozo E-53 que tiene una diferencia de **1.31 días** con respecto al tiempo programado.

Al bajar la sarta para efectuar parte del viaje corto, a la profundidad de 3100 m se **observó resistencia franca**, la cual se venció con bombeo y se continuó con el viaje, a la profundidad de 3120 m se **observa resistencia** donde se venció misma incrementando gasto de 346 GPM a 625 GPM, en el **pozo E-53**.

Al realizar el viaje para rebajar cemento, en el pozo E-53 realizó **actividades simultaneas** relacionadas al desplazamiento de fluido, realizando la recepción y envío de materiales y conexión de mangueras para recepción y envío de lodo a barco.



Macroactividad, estacionado:



Análisis:

En ambos casos el tiempo programado no se cumplió realizando esta actividad en 1.54 y 5.39 el E-53 y E-74 respectivamente.

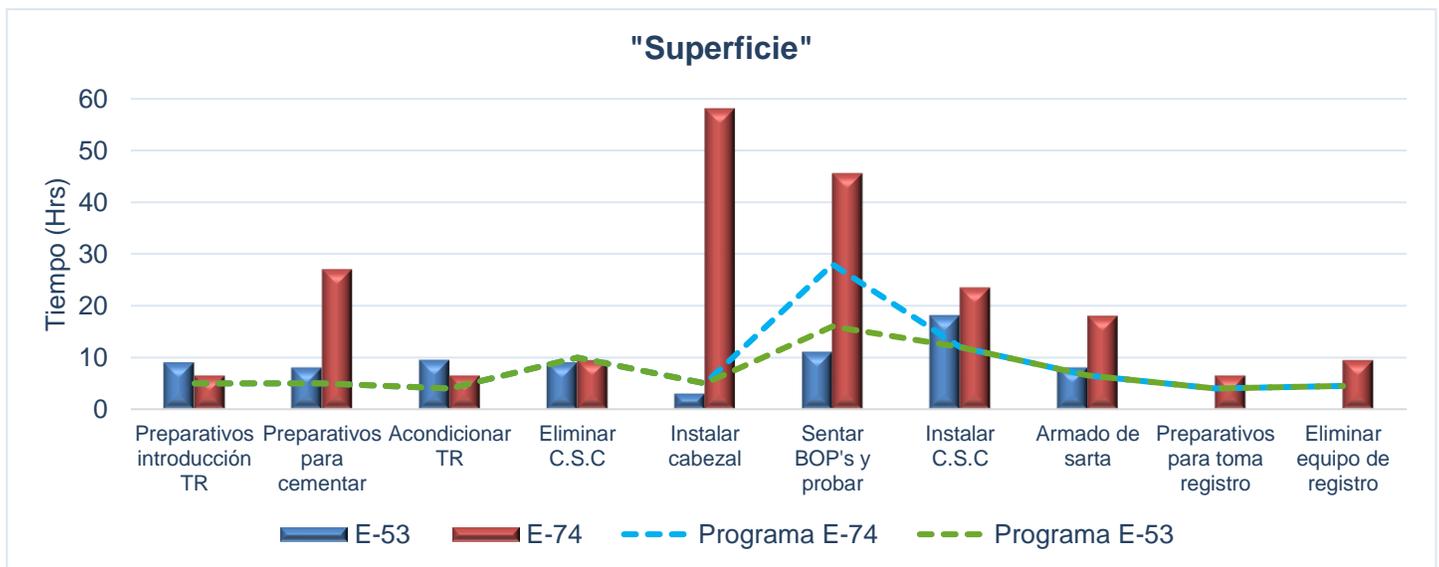
El pozo E-53 no efectuó toma de registro a comparación del pozo E-74, el cual lo realizó con una duración de **19.5 hrs** incluyendo su tiempo de instalación y desinstalación del equipo de registros, en dos intervalos de 2,744 – 1,638 y 1,638 – 1750 m.

Las pruebas de hermeticidad se realizaron sin presentar ningún NPT, en el pozo E-74 solo se realizó **una prueba** a 500 psi, en caso contrario del pozo E-53 donde se efectuaron **6 pruebas** a las siguientes presiones 500 – 1,000 – 1,500 – 2,000 – 2,500 - 3,000 psi.

En el caso de la cementación existe una **variación en los tiempos de espera de fraguado**, para el caso del E-74 se da un tiempo de 20 hrs y en el caso del pozo E-53 de 18 hrs; se observa como el factor humano influye en la desinstalación de la cabeza de cementar efectuando se en 1 hr en el pozo E-53 y 3 hrs en el pozo E-74.



Macroactividad, superficie:



Eventos presentados:

- Durante los preparativos de introducción de TR, se realizó la **recepción de tramos de TR** de 11 7/8.
- En el pozo E-74 se presentó una **falla de 11 hrs**, debido a que el silo #1 se observó tapado de cemento.
- En el pozo E-53, durante los preparativos de para efectuar la cementación se realizó la **prueba de eficiencia** de la bomba de lodos #1.
- En el pozo E-74 al realizar la instalación de la brida doble sello, se presenta dificultad para vencer sellos internos, observando daño en la cuerda de espárragos, se corrige **falla de 16 hrs**.
- En la instalación del cabezal se presenta una **espera de 32 hrs**. por tornillería para la misma.
- Se realiza el armado e introducción de TP franca en el pozo E-74, sin embargo, por **cambio de programa** se saca, generando una espera de **2 hrs**.
- En la instalación de C.S.C. en el E-53 se **brindó apoyo de 2 hrs**. a la estimulación del pozo E-54.



Análisis:

En esta macroactividad se comparte el mismo tiempo programado con excepción en la microactividad de sentar BOP's y probar mismos, en esta macro los pozos no logran cumplir con el programa teniendo una diferencia de **5 días**.

En el gráfico anterior podemos observar que en la mayoría de las microactividades el tiempo real sobrepasa el programado, analizaremos los factores que influyen en estos tiempos, exceptuando la instalación/desinstalación del equipo de registro ya que este no se efectuó en el pozo E-53.

El pozo E-74 rebajo cemento con sarta lisa, lo cual implica un tiempo extra en preparativos y armado de sarta, al igual que en los viajes en metiendo y sacando, esta técnica se utilizaba con anterioridad debido para evitar el daño a herramientas direccionales al efectuar la actividad de rebajar cemento; posteriormente se disminuyó su práctico y se utilizó la sarta direccional para rebajar y continuar perforando la siguiente etapa.

La **atención a embarcaciones** para bajada y recepción de materiales sigue siendo un factor importante en los tiempos de esta macroactividad.

La habilidad de la cuadrilla para realizar las actividades principalmente la instalación de cabezal, instalación de C.S.C, sentar preventores y probar mismos, se efectuaron los mismos procedimientos, sin embargo, se presentaron NPT's en el pozo E-74 comparado al E-53, aunado a esto sigue contando con el menor tiempo el pozo E-53.

Identificación de áreas de oportunidad:

Perforación con BNA 14 1/2" – Cambio de etapa TR 11 3/4":

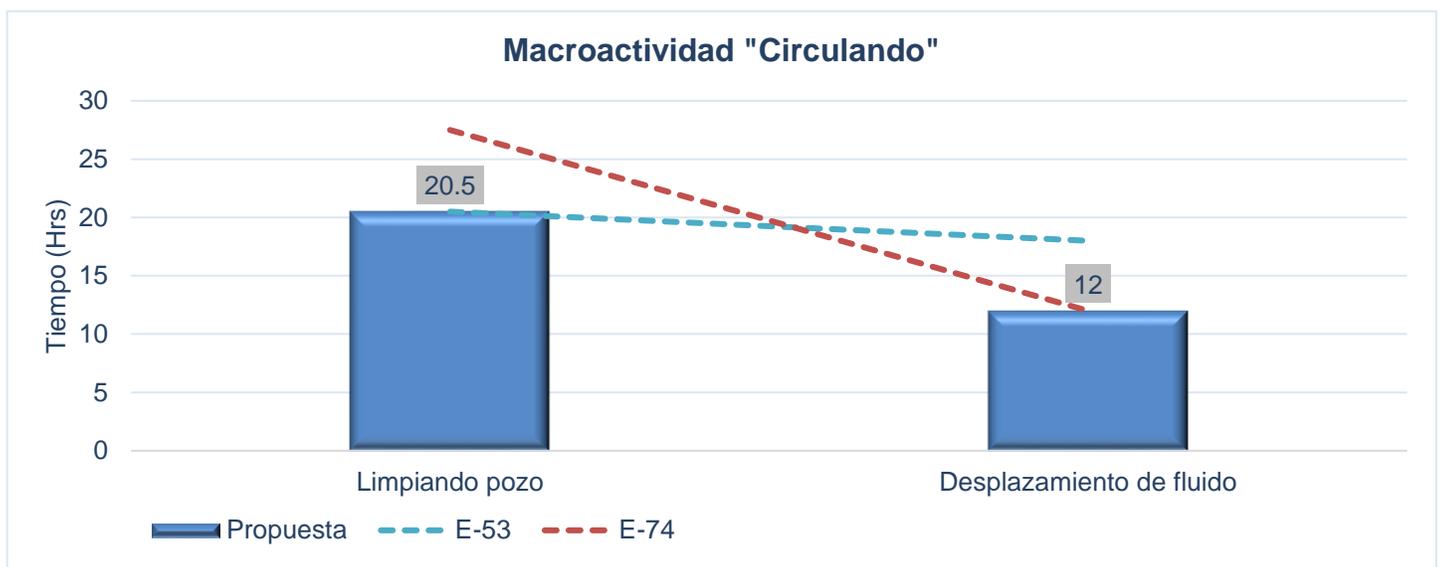
- Se reitera como buena práctica efectuar la actividad de rebajar cemento con la sarta que se utilizará para la perforación de la siguiente etapa, esto debido al ahorro en tiempo al no realizar un viaje extra.

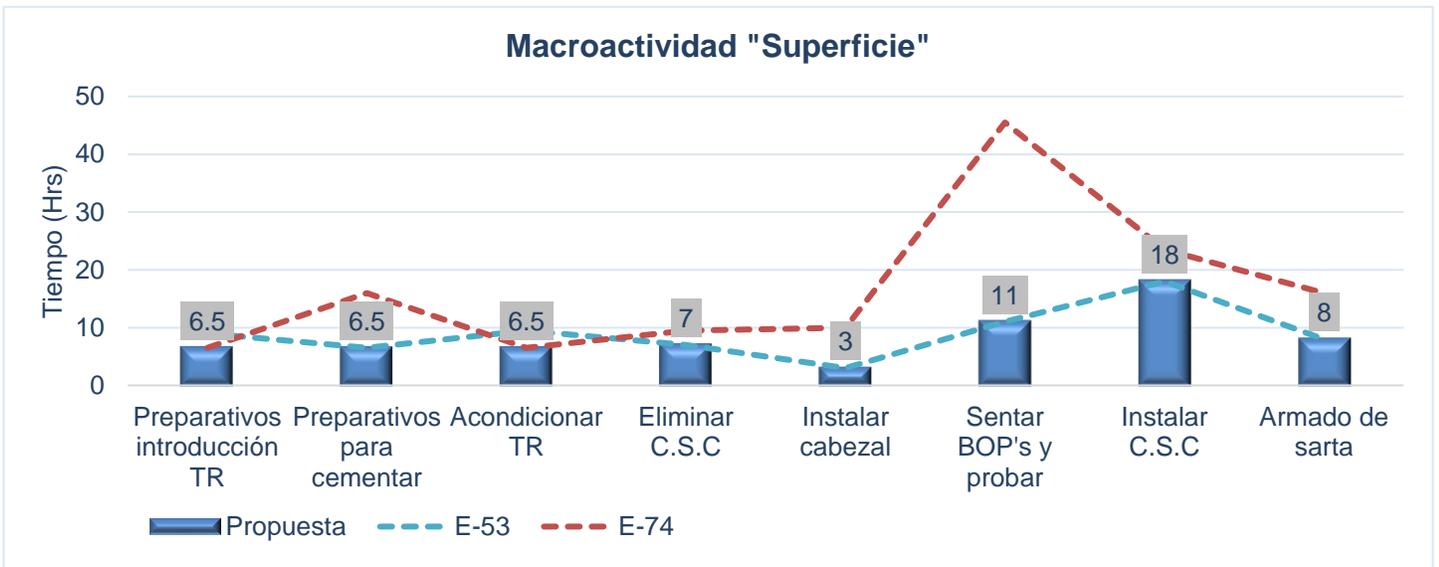
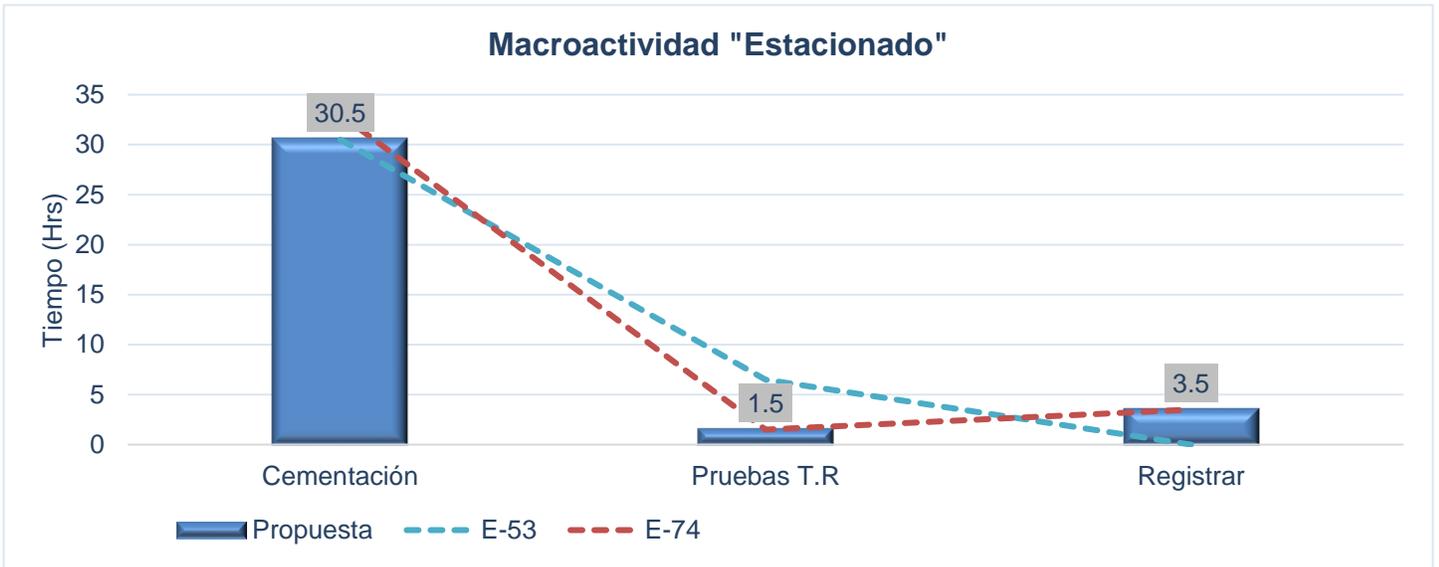


- Para realizar un correcto análisis en los tiempos del viaje de sarta a superficie y su eliminación, se debe discretizar sus tiempos en los programas de perforación.
- Se identifica la habilidad del personal del pozo E-53 al realizar actividades en menor tiempo; resaltando su efectividad al realizar actividades simultaneas; por lo tanto, darle un seguimiento a esta cuadrilla en sus próximas intervenciones nos ayudará a identificar el procedimiento que realizan logrando reducir tiempos.
- Resalta la importancia de lograr una buena coordinación entre el área operativa y logística, debido a que la atención a embarcaciones para recepción y salida de materiales tiene afectaciones de tiempo; buscar a través de la línea de mando abordo para identificar los horarios más adecuados donde el impacto sea menor.

Límite técnico:

Para poder obtener los tiempos efectivos de cada macroactividad se realiza a través de la depuración de NPT's presentados en esta, aunado a esto, se continua con la metodología de límite técnico; en la cual se comparan los tiempos de los dos pozos en estudio y seleccionamos el mejor de ellos para cada microactividad.





En la macroactividad de circulando, se propone una optimización de 3.02 días siendo el mayor valor (E-74) a **1.35** días; en la macroactividad de estacionado la optimización es de 1.58 días (E-74) **01.48** días y en la macroactividad de superficie la optimización de 7.87 días (E-74) a **2.77** días.

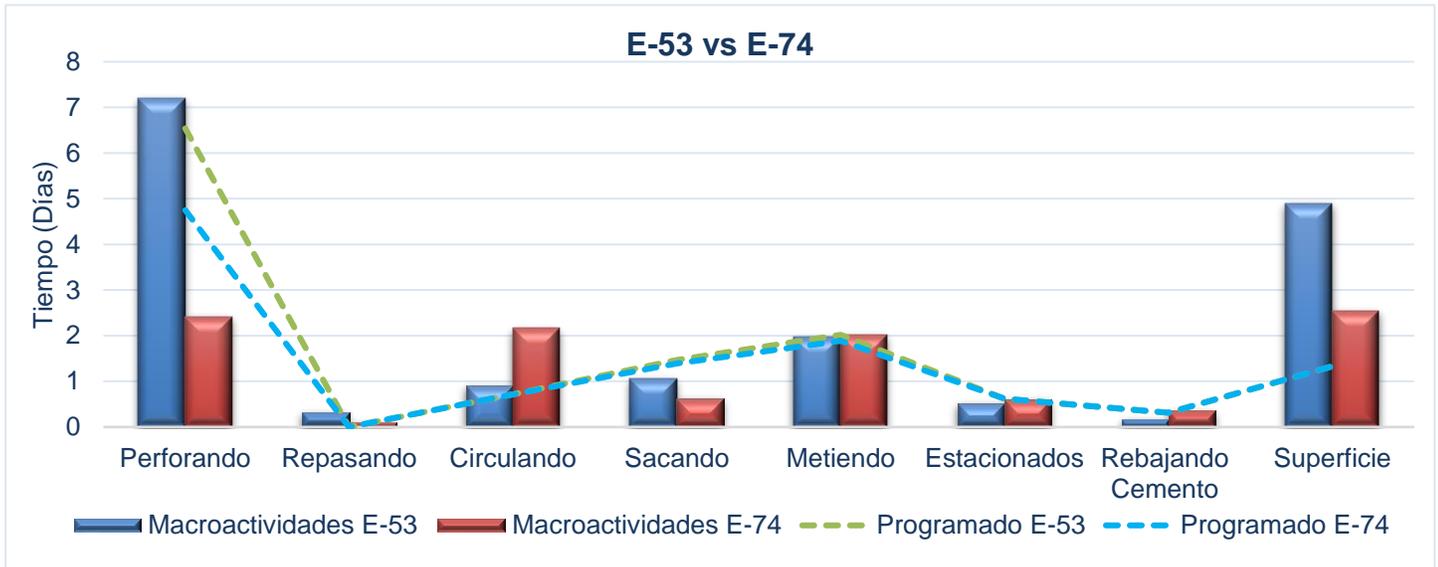


- *Etapa de tubería intermedia de 9 5/8" perforado con BNA de 10 5/8"*

La etapa de 10 5/8" en los pozos E-53 y E-74 se perforó con BNA tricónica de 10 5/8" a la profundidad de 3660 y 3165 metros respectivamente.

Sarta E-53		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	3,373.19	3,660
HW 5"	83.39	286.81
Martillo Hidráulico	9.6	203.42
HW 5"	138.16	193.82
Combinación	1.09	55.66
Latrabarrena	27.09	54.57
Herramienta de limpieza	0.84	27.48
Válvula de contrapresión	0.89	26.64
Combinación	0.8	25.75
Herramienta de registro PWD	5.44	24.95
Herramienta de navegación HCIM	3.74	19.51
Herramienta de registro LWD	8.3	15.77
Combinación	0.92	7.47
Estabilizador	2.11	6.55
Sistema Rotatorio	4.15	4.44
Barrena cortadores fijos 10 5/8"	0.29	0.29

Sarta E-74		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	2,919.67	3,165
HW 5"	27.41	245.33
Martillo Hidráulico	9.38	217.92
HW 5"	109.42	208.54
Latrabarrena	82.63	99.12
Herramienta de limpieza	1.5	16.49
Válvula de contrapresión	0.62	14.99
Estabilizador	1.54	14.37
Combinación	0.77	12.83
Amplificador de señal	3.25	12.06
Herramienta de navegación MWD	5.06	8.81
Estabilizador	1.29	3.75
Sistema Rotatorio	2.13	2.46
Barrena cortadores fijos 10 5/8"	0.33	0.33



Realizando el análisis de la gráfica de macroactividades, se observa que las etapas en donde se encuentra una diferencia de duración son: **Perforando, circulando, metiendo y en superficie.**

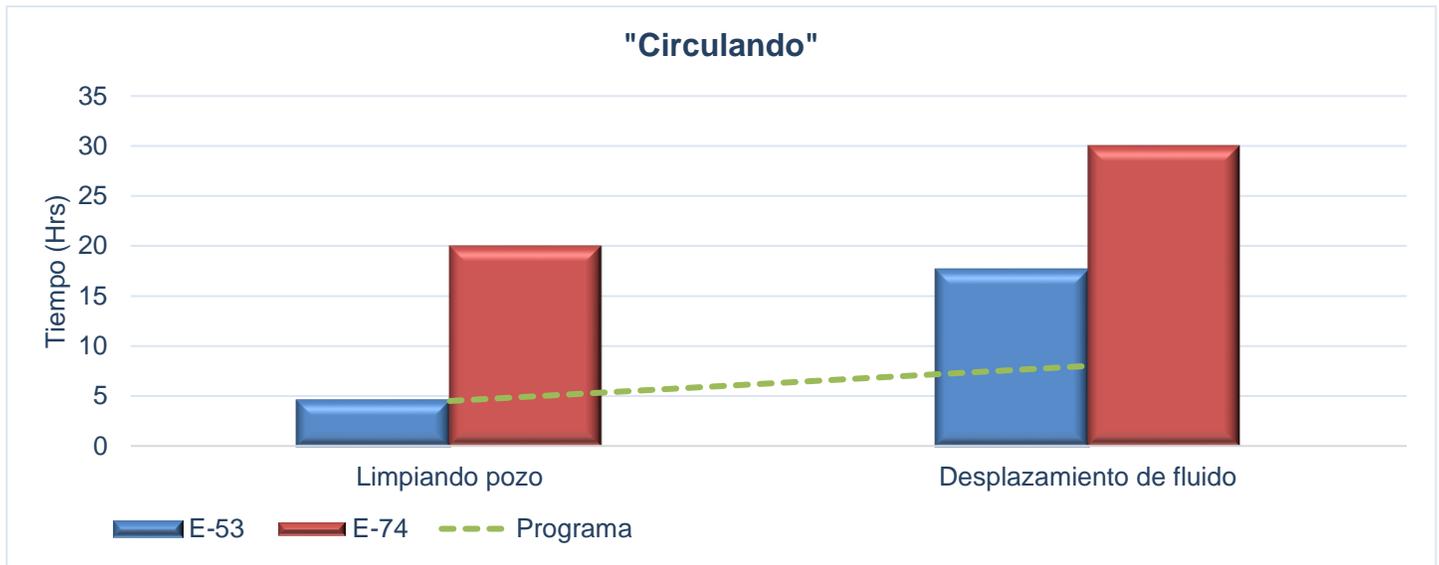
Macroactividades E-53	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	6.54	0.00	0.72	1.47	2.02	0.62	0.31	1.33	13.01
Real	7.20	0.32	0.92	1.06	1.97	0.52	0.16	4.89	17.03

Macroactividades E-74	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	4.75	0.00	0.72	1.39	1.89	0.62	0.31	1.33	11.01
Real	2.41	0.11	2.16	0.62	2.02	0.60	0.35	2.54	10.81

Durante la etapa de perforación de esta etapa se presentó un atrapamiento a la profundidad de **3,361 md**, donde al realizar conexión y continuar perforando observa incremento de torque y paro de rotaria lo cual indica que la sarta se encuentra atrapada. Discretizando el tiempo de este evento, el tiempo limpio es de **2.85 días** para esta etapa en el **pozo E-53**, lo cual nos posiciona dentro del tiempo programado. Por lo tanto, nos enfocaremos a tres macroactividades en la etapa de 9 5/8”.



Macroactividad, circulando:



Eventos presentados:

- En el pozo E-74 se presentó una espera debido a la espera de material químico para generar fluido de control y efectuar el desplazamiento, con duración de **5 hrs.**

Análisis:

Esta macroactividad se efectuó en 0.92 y 2.16 días en los pozos E-53 y E-74 respectivamente, con una diferencia de 1.24 días entre ambas intervenciones.

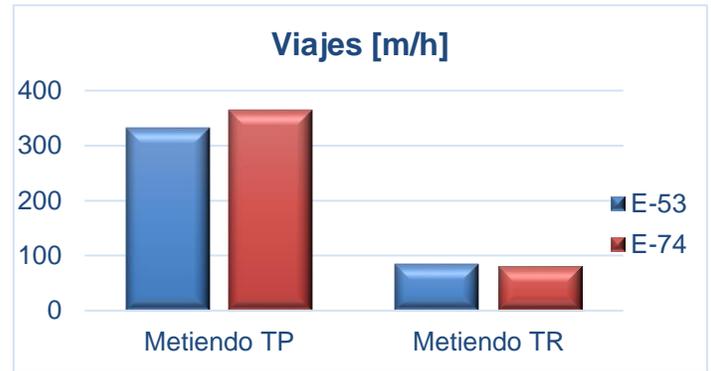
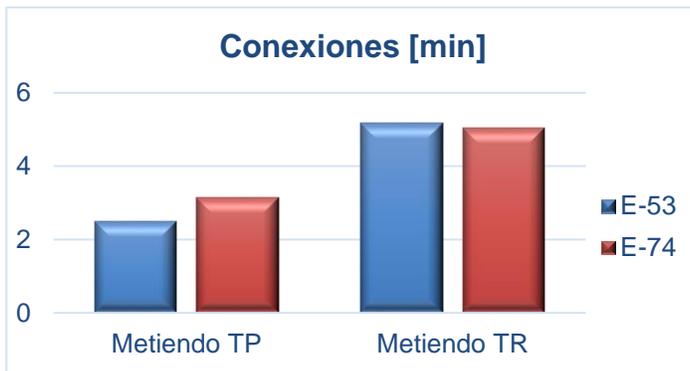
Se colocó un bache de reforzamiento con obturante en el intervalo 3165 a 2756 en el pozo **E-74**, debido a que nos encontramos en una zona de pérdida, observando misma al término de la perforación (**3165 md**), al igual que evitar el efecto de pistoneo en la introducción del liner.

Al término de la introducción del liner, en el pozo E74 se circuló 1.5 ciclos completos para limpieza del pozo y homogenización de columnas con duración de **6.5 hrs**, en comparación con el pozo E-53.

Para efectuar el desplazamiento de fluido, en el pozo E-74 se generó el fluido en presas

por lo cual se tuvo que realizar limpieza en las mismas, observando sedimento asentado de etapas anteriores por lo cual la limpieza fue lenta, posterior al desplazamiento continuo limpiando para cerrar circuito hidráulico. En el pozo E-53 se generó el fluido en un equipo de respaldo (barco lodero) para bajar de forma simultánea el fluido anterior y realizar la limpieza en presas para recepción de nuevo fluido.

Macroactividad, metiendo:



Eventos presentados:

- Durante la introducción del liner a **276 md**, se presentó una espera por atender embarcaciones para recepción de materiales, con duración de **1.5 hrs** en el pozo **E-74**.
- Al realizar el viaje para rebajar cemento se presentaron **MCC** con una duración de **26.5 hrs**, en el pozo E-74.
- En el pozo E-74 al reconocer fondo perforado se encontró **resistencia** a la profundidad de **3130 m**, la cual se trabajó.
- El pozo E-74 efectuó viaje corto para recuperar muestra de fondo.

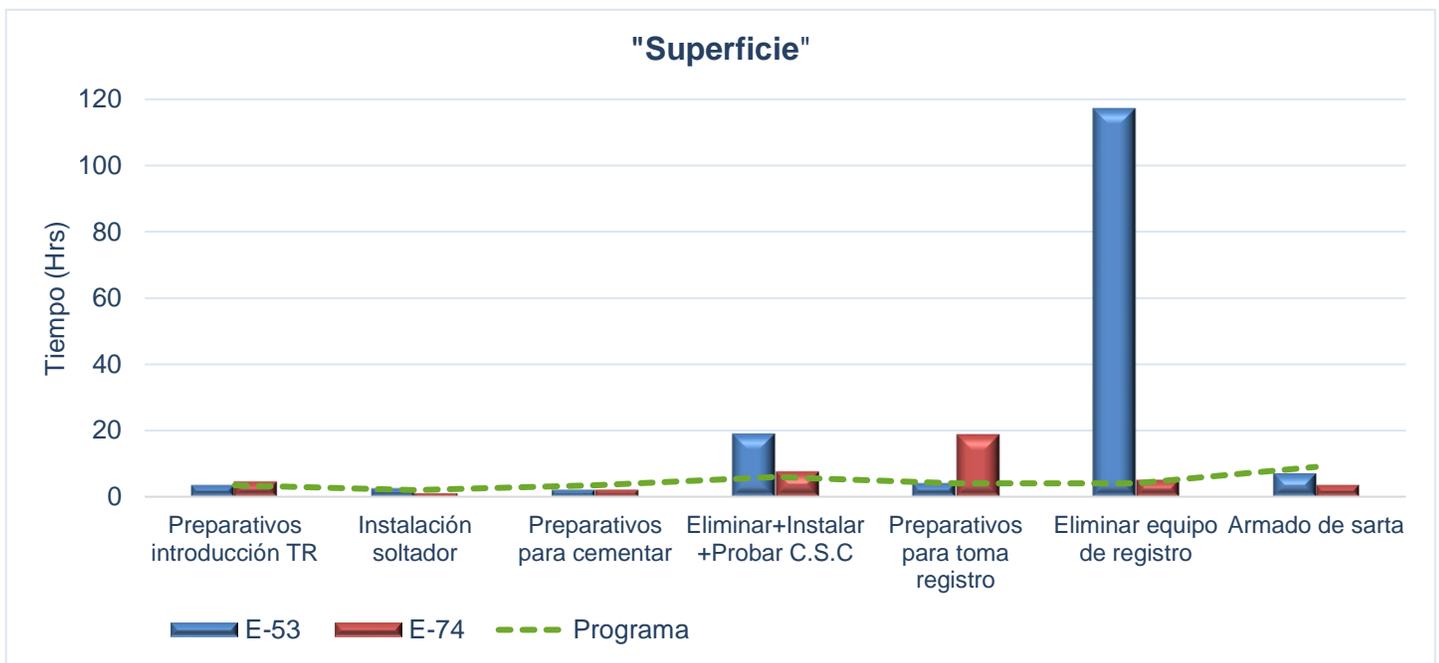


Análisis:

En los gráficos mostrados en la parte superior, se puede observar que el rango de valores entre ambos pozos en los tiempos de conexiones y viajes no muestran una diferencia significativa.

Al realizar la discretización de los tiempos no productivos, el tiempo en el pozo E-53 se localiza en **0.85** días entrando en el tiempo programado.

Macroactividad, superficie:



Eventos presentados:

- En el pozo E-53, durante la toma de registro se desprendió una sección de la herramienta de toma de registro, se recuperó misma con una duración de **106.5 hrs.**
- Durante los preparativos para cementar se generó una espera con una duración de **5.5 hrs**, en la cual se generó un bache espaciador.



Análisis:

Durante los preparativos para la toma de registro, efectuando el mismo procedimiento el **pozo E-74** los realizó en **15.5 hrs** y el **pozo E-53** los realizo en **4 hrs**.

En el pozo E-53 efectuó un cambio de centradores para tubería de 11 7/8” en herramienta de registro a la profundidad de 3,083 md, esta operación se realizó con una duración de **5 hrs**.

En el pozo E-53 se efectuó **prueba de preventores de 16 3/4” con duración de 11 hrs**, esta prueba no se efectuó en el pozo E-74; la prueba de preventores se debe efectuar en un periodo de 20 a 25 días, la inexistencia de esta prueba en el E-74 puede referirse a que aún no se cumplía el tiempo establecido para la misma.

Al iniciar los preparativos para el armado de sarta en el **pozo E-53** se engraso los cojinetes del sistema de izaje de polea viajera, sin embargo, al realizar el armado de sarta este pozo lo realizó en menor tiempo destacando que la longitud es mayor que en el **pozo E-74**.

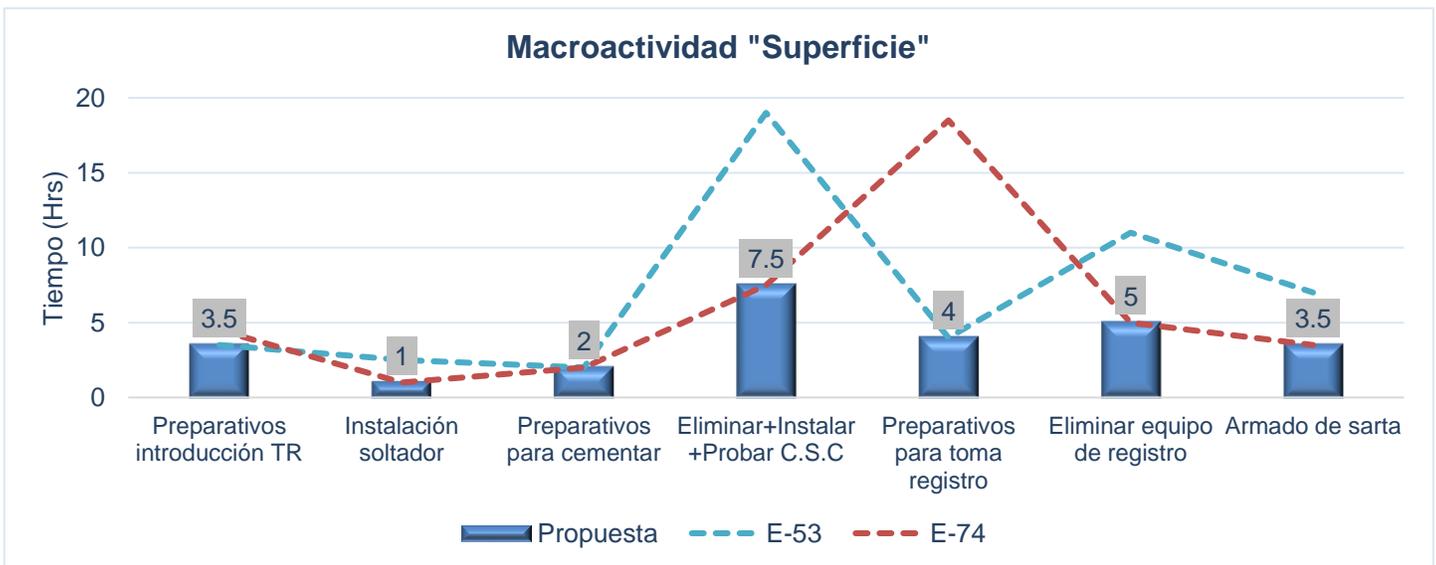
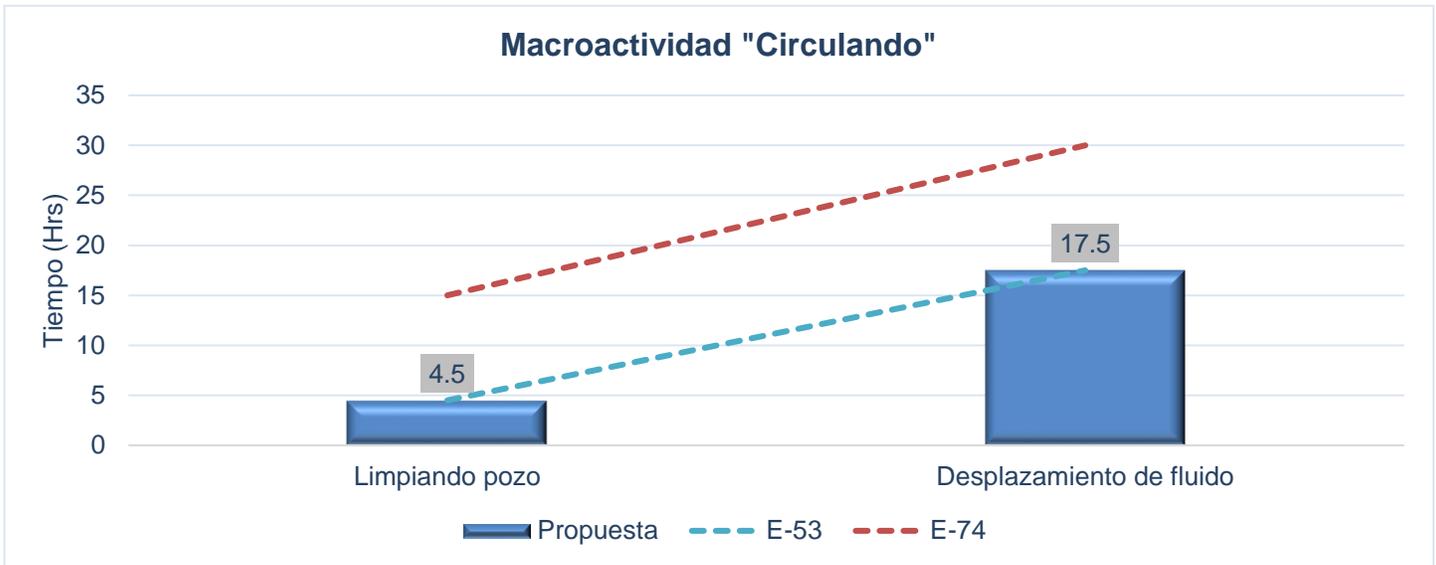
Identificación de áreas de oportunidad:

Perforación con BNA 10 5/8” – Cambio de etapa Liner 9 5/8”:

- Se identifica como buena práctica el efectuar el fluido en un equipo de respaldo durante la operación de desplazamiento de fluido, debido a que simultáneamente se realiza el descenso del lodo y la limpieza de presas obteniendo así una reducción en tiempos.
- Durante esta etapa destaca el equipo de trabajo del pozo E-53 debido que, al realizar diversas operaciones similares, este las efectuó en menor tiempo en comparación con el pozo E-74; por lo que un seguimiento al mismo en sus próximas intervenciones nos ayudará a identificar buenas prácticas a implementar.

Límite técnico:

Para poder obtener los tiempos efectivos de cada macroactividad se realiza a través de la depuración de NPT's presentados en esta, aunado a esto, se continua con la metodología de límite técnico; en la cual se comparan los tiempos de los dos pozos en estudio y seleccionamos el mejor de ellos para cada microactividad.



En la macroactividad de circulando, se propone una optimización de 2.16 días siendo el mayor valor (E-74) a **0.91** días; en la macroactividad de superficie la optimización es de 4.89 días (E-53) **1.10** días.

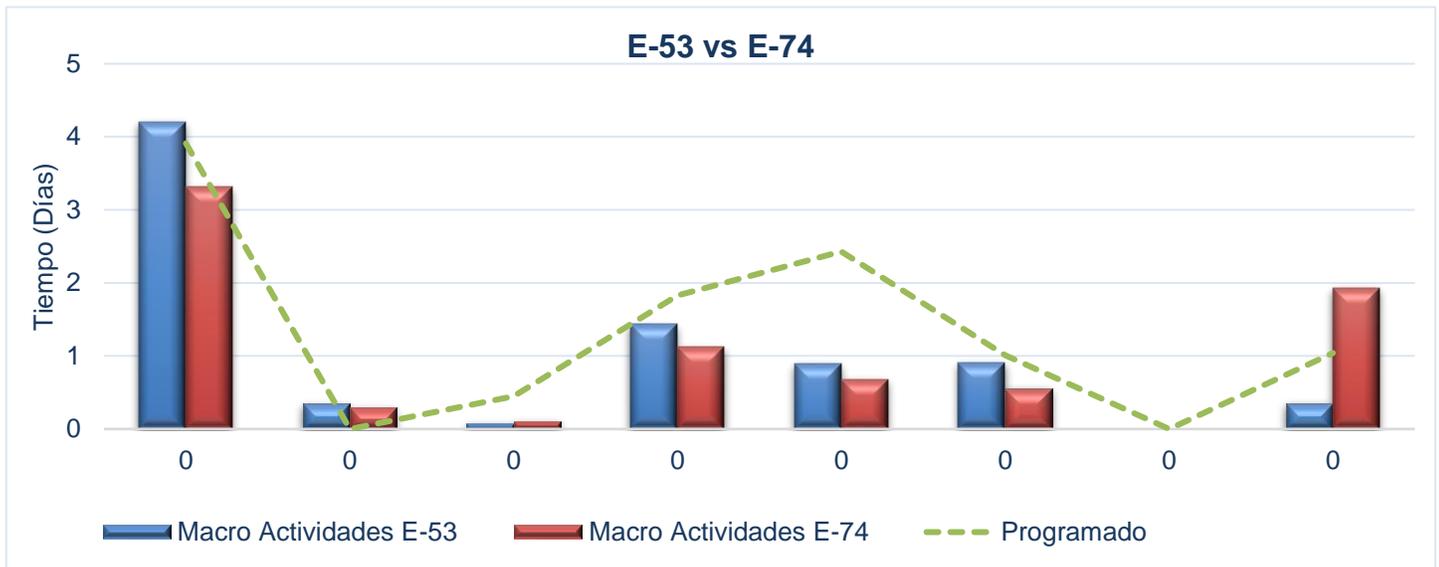


- *Etapa de tubería intermedia de 7 5/8" perforado con BNA de 8 1/2"*

La etapa de 7 5/8" en los pozos E-53 y E-74 se perforó con BNA tricónica de 8 1/4" a la profundidad de 4024 y 3482 metros respectivamente.

Sarta E-74		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	3,180.5	3,482
HW 5"	28.5	301.5
Martillo Hidráulico	9.23	273
HW 5"	245.84	263.77
Herramienta de limpieza	1.64	17.93
Válvula de contrapresión	0.76	16.29
Válvula de contrapresión	0.66	15.53
Estabilizador	2.3	14.87
Combinación	0.57	12.57
Herramienta de navegación MWD	3.24	12
Herramienta de navegación LWD-PWD	5.14	8.76
Estabilizador	1.24	3.62
Sistema Rotatorio	2.14	2.38
Barrena cortadores fijos 8 1/2"	0.24	0.24

Sarta E-53		
Componentes	Longitud [m]	Longitud Acumulada [m]
TP 5"	3,752.92	4,024
HW 5"	55.55	271.08
Martillo Hidráulico	9.41	215.53
HW 5"	147.71	206.12
Latrabarrena 8"	27.49	58.41
Receiver	0.83	30.92
Válvula de contrapresión	0.62	30.09
Lastrabarrena	8.01	29.47
Herramienta de navegación MWD	8.37	21.46
Herramienta de navegación LWD-PWD	5.8	13.09
Combinación	0.44	7.29
Receiver	0.87	6.85
Estabilizador	1.68	5.98
Sistema Rotatorio	4.05	4.3
Barrena cortadores fijos 8 1/2"	0.25	0.25



Realizando el análisis de la gráfica de macroactividades, se observa que las etapas en donde se encuentra una diferencia de duración son: **Perforando y superficie**. Por lo tanto, nos enfocaremos a estas dos macroactividades en la etapa de 7 5/8”.

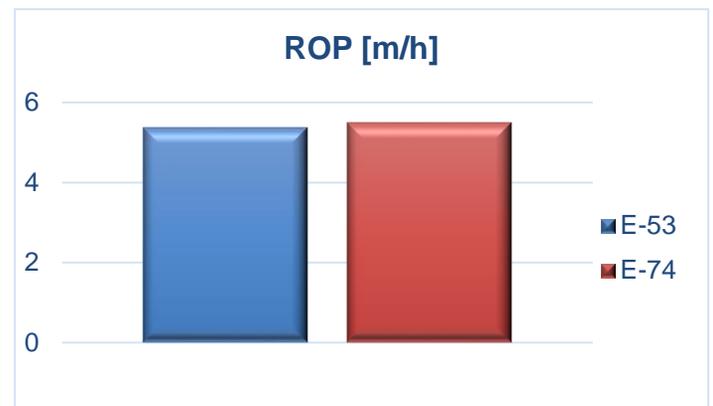
Macroactividades E-53	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	3.91	0.00	0.45	1.83	2.43	1.01	0.00	1.04	10.67
Real	4.20	0.35	0.08	1.43	0.89	0.91	0.00	0.35	8.21

Macroactividades E-74	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	3.91	0.00	0.45	1.83	2.43	1.01	0.00	1.04	10.67
Real	3.31	0.29	0.10	1.12	0.68	0.56	0.00	1.93	7.99

El tiempo realizado por el pozo E-53 en la macroactividad de estacionado se encuentra dentro del tiempo establecido en el programa, por lo cual será referencia en el análisis para el pozo E-74.



Macroactividad, perforando:



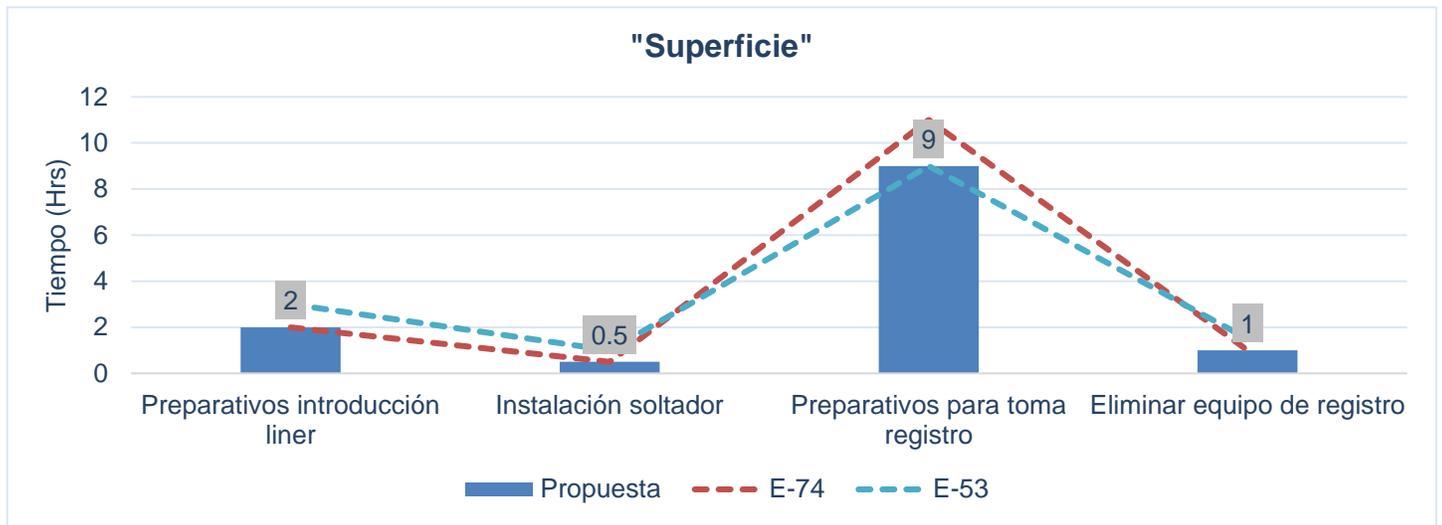
Análisis:

En el pozo E-74 a la profundidad 3281 md observo incremento en la perdida y caída de presión, levanto a 3280 donde restableció parámetros de perforación con circulación parcial.

El pozo E-53 tuvo una mayor duración durante la perforación debido a que se presentaron más dificultades tales como:

- De 3661 a 3663 se presentó resistencia misma que logro vencer.
- A 3802 m observo intento de paro de rotaria, incremento en el torque y caída de presión, levanto a 3775 m con rotación y bombeo sin observar circulación; espera en zapata (3658 md) estabilización del agujero **5 hrs.**
- A 3810 observa paro de rotaria, trabajó sarta para restablecer rotación, **1.5 hrs;** espera estabilización del agujero **3.5 hrs.**
- A partir de 3810 continuó perforando cada 5 mts.

Macroactividad, superficie:



Eventos presentados:

- En el pozo **E-74** se presentó una espera por equipo y herramienta de registro de **27 hrs.**

Análisis:

Durante los preparativos para introducción de liner el pozo E-53 atendió embarcaciones para descenso de materiales; en los preparativos para la toma de registros se relaciona a los diferentes tipos de registros que se llevaron a cabo en cada pozo.

El pozo E-74 tomo los siguientes registros:

- **RPM** (Saturación del yacimiento)
- **CN – DSL** (Neutrón compensado – Espectroscopia de GR)
- **Registro Giroscópico**

El pozo E-53 tomo los siguientes registros:

- **CNL – HNGL – CCL** (Neutrón compensado – Espectroscopia de GR y coples)
- **RST – GR** (Decaimiento termal de neutrones con detección de rayos gamma y coples)
- **Registro Giroscópico**



Identificación de áreas de oportunidad:

Perforación con BNA 8 1/2" – Cambio de etapa Liner 7 5/8":

- Se identifica la importancia de mantener una línea de comunicación efectiva entre línea de mando, coordinación en tierra y logística, para la identificación de tiempos estratégicos para realizar la recepción-envío de materiales.

Límite técnico:

Para poder obtener los tiempos efectivos de cada macroactividad se realiza a través de la depuración de NPT's presentados en esta, aunado a esto, se continua con la metodología de límite técnico; en la cual se comparan los tiempos de los dos pozos en estudio y seleccionamos el mejor de ellos para cada microactividad.



En la macroactividad de superficie, se propone una optimización de 1.52 días siendo el mayor valor (E-74) a **0.91** días.



Capítulo 4 Optimización de equipos modulares.

El análisis de perforación es un método esencial para poder monitorear y así aumentar la eficiencia de las operaciones que realiza cada equipo en sus intervenciones. Sin embargo, falta realizar un planteamiento desde una perspectiva más operacional, en conjunto con línea de mando abordo, cuadrilla de perforación y coordinador de equipo logrando así una sinergia que involucre todas las variables a considerar dentro de los programas de perforación.

“El 95% de las actividades de perforación se realizan por ‘instintos’ en lugar de planificar o analizar”¹⁸

Sin embargo, derivado de las necesidades de la industria nace la necesidad de optimización de tiempos que nos lleva a utilizar de manera más eficiente los recursos; dentro del análisis se identifican las mejores prácticas que el personal de abordo a documentado para poderlas efectuar en otros equipos que compartan mismas características e intervenciones próximas.

Los KPI's nos apoyan a sentar las bases para la mejora de las operaciones; ya que, estos nos muestran de forma discretizada los tiempos efectivos de cada actividad. Al realizar la aplicación de estos en intervenciones anteriores, formando una base de datos histórica del equipo nos mostrará áreas de oportunidad para las próximas a realizar.

Actualmente, el argumento de Millheim no es efectivo para todos los equipos derivado a la aplicación de técnicas y nuevas tecnologías utilizadas en la explotación y optimización de datos que se han desarrollado dentro de la industria.

¹⁸ Millheim, 2004 “Lessons from integrated Analysis of GOM Drilling Performance” SPE,97464



4.1 Propuesta de optimización.

Para efectuar una propuesta de optimización de tiempos de una intervención se debe realizar un análisis en cada etapa las condiciones de operación con las que se están efectuando cada actividad, en este caso de estudio se efectuó a través de los KPI's establecidos por la CEOP; cabe mencionar que la CEOP no establece las microactividades para cada macroactividad.

De igual forma se debe concientizar que el mejor tiempo alcanzado por una intervención en cualquiera de las ocho macroactividades, antes de ser utilizado como referencia para próximas intervenciones debe ser analizado para poder identificar los procedimientos efectuados que lograron alcanzar esa reducción de tiempo.

Etapa 30” con BNA 36”

Macroactividades	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionado [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	0.38	0.00	0.08	0.38	0.58	0.33	0.27	1.25	3.27
Real E-53	0.12	0.00	0.06	0.14	0.24	0.18	0.10	1.81	2.65
Real E-74	0.35	0.00	0.04	0.37	0.60	0.36	0.20	3.50	5.42
Propuesta	0.12	0.00	0.06	0.14	0.24	0.25	0.10	1.75	2.72

En la etapa de 30” se efectúa una propuesta con duración de **2.72 días**.

Dentro de las actividades en superficie no se considera la toma de registro giroscópico efectuado en el pozo E-74 debido a que este solo se efectúa cuando existe incertidumbre en el conductor, caso que se presenta esporádicamente.

En el caso de la macroactividad estacionado, se considera la cementación efectuado con UAP y bombas del equipo gracias a su reducción de tiempo.

En las macroactividades de perforando, sacando, metiendo se consideran los valores registrados en el pozo E-53 debido a que se destaca la habilidad de la cuadrilla de operación al efectuar los tiempos de conexión en menor tiempo.

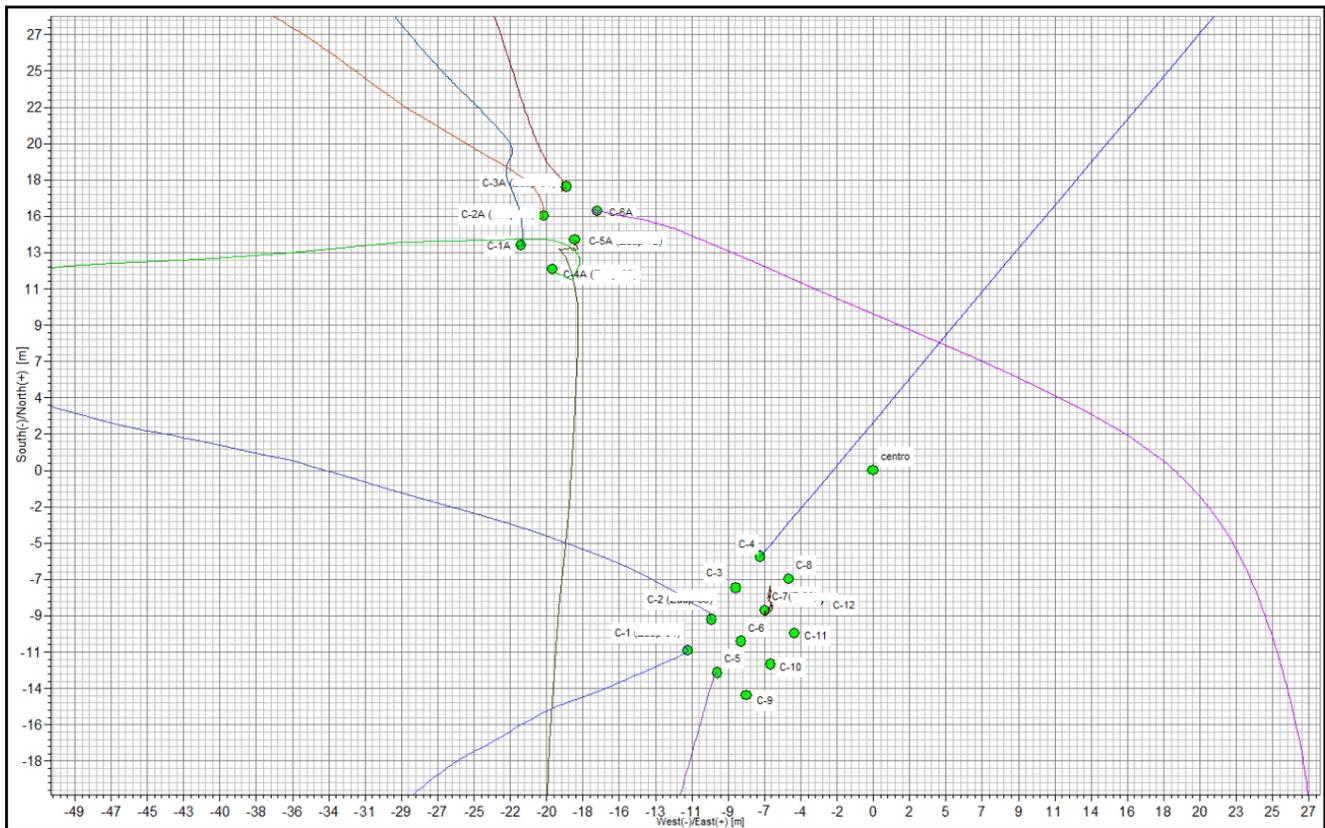


Etapa 20" con BNA 26"

Macroactividades	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionado [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado	1.17	0.00	0.56	0.52	1.54	0.48	0.44	2.77	7.48
Real E-53	1.58	0.09	0.29	0.58	0.58	0.45	0.22	3.37	7.16
Real E-74	2.08	0.03	0.18	0.43	1.31	0.64	0.35	6.79	11.81
Propuesta	1.58	0.09	0.93	0.43	0.58	0.47	0.22	3.56	7.20

En la etapa de 20" se efectúa una propuesta con duración de **7.20 días**.

En esta etapa se presenta un caso aislado a otros equipos, en la construcción de ambos pozos se considera la construcción de NUDGE a partir de la profundidad de 230 m con 9° y 240m con 6° para el pozo E-74 y E-53 respectivamente, debido al alto nivel de riesgo de colisión con pozos de correlación derivado de las trayectorias de estos.





Derivado de lo anterior dentro de la macroactividad de repasando se utilizará el mayor valor ejecutado, tiempo que no esta considerando dentro del programa; se debe destacar que este caso es específicamente del equipo ECO por el diseño de los pozos anteriores.

Dentro de la macroactividad de perforando se considera el tiempo efectuado en el pozo E-53 ya que esta actividad se realizó a la misma profundidad acompañada de la toma de registro giroscópico el cual no está considerando dentro del tiempo programado y los tiempos de conexión de este pozo son menores.

En la macroactividad de superficie, se considera el tiempo de armado del string de preventores seccionados efectuado en el pozo E-74 debido a que el tiempo programado para esta actividad es muy limitado, al igual se considera el tiempo efectuado en los preparativos para realizar la cementación en el pozo E-53 ya que el pozo E-74 efectuó una estimulación a otro pozo afectando así su tiempo de operación.

Etapa 16” con BNA 18 1/4”

Macroactividades	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado E-53	2.00	0.00	0.64	0.79	1.95	0.79	0.29	2.81	9.27
Real E-53	3.73	0.00	1.35	1.20	1.47	1.02	0.18	4.84	13.79
Programado E-74	2.00	0.00	0.64	0.66	2.33	1.04	0.29	3.06	10.02
Real E-74	4.29	0.00	0.54	0.91	0.77	1.06	0.12	6.31	14.00
Propuesta	3.73	0.00	0.93	0.91	0.77	1.06	0.12	4.95	11.46

En la etapa de 16” se efectúa una propuesta con duración de **11.46 días**.

Dentro de la macroactividad de perforando, se utilizará el tiempo efectuado por el pozo E-53 ya que fue el pozo con mejor desempeño en su perforación y con mayor profundidad, durante esta se presentaron diversos NPT's y atención a embarcaciones para envío-recepción por lo cual se destaca la capacidad del personal para realizar actividades simultáneas.



En la macroactividad de circulando, se considera el desplazamiento de fluido efectuado en esta etapa en el pozo E-53 de 1.45 a 1.70 gr/cc ya que este se encontraba dentro de programa, sin embargo, no se efectuó en el pozo E-74. En el pozo E-74 se presentó acarreo de recorte por lo que su duración aumentó.

En el caso de la macroactividad de sacando se utiliza el valor del pozo E-74 por sus tiempos de conexión y tiempos de viajes que son valores óptimos para obtener un mejor desempeño.

Etapa 11 7/8" con BNA 14 1/2"

Macroactividades	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado E-53	5.41	0.00	0.62	0.66	1.83	1.18	0.31	3.00	13.01
Real E-53	2.79	0.26	1.43	1.22	3.14	1.54	0.18	2.87	13.43
Programado E-74	5.41	0.00	0.62	0.66	2.33	1.18	0.31	3.50	14.01
Real E-74	3.90	0.52	0.77	1.72	2.29	3.05	0.18	3.48	15.90
Propuesta	2.79	0.52	1.35	1.22	2.29	1.48	0.18	3.23	13.06

En la etapa de 11 7/8" se efectúa una propuesta con duración de **13.06 días**.

Dentro de la macroactividad de perforando se utilizará el tiempo efectuado por el pozo E-53, esto debido a que en el pozo E-74 se realizó una prueba de DEC previo a efectuar el desplazamiento de fluidos de 1.45 a 1.70 gr/cc destacando que no se encontraba programada y se tuvo que realizar para confirmar el uso de esta densidad; esta prueba se efectúa siempre en la formación por lo que se tuvo que perforar 5 m rebasando así la PI de la etapa anterior incorporándose a las actividades de esta etapa.

En la actividad de repasando se utiliza el mayor valor obtenido por el pozo E-53, el nivel de riesgo de la presencia de arrastres es alto de acuerdo a la tabla de problemáticas para la perforación de esta etapa en ambas intervenciones que establece para esta formación, sin embargo, no es considerado en el tiempo programado.



Para la macroactividad de circulando se considera un tiempo de 1.35 hrs, debido a que en el pozo E-53 se utilizó sarta lisa esta práctica ya no es convencional en estas intervenciones por el aumento en los tiempos de operación debido al número de viajes efectuado por esta y tiempos de circulación.

Para las actividades de estacionado se consideran los tiempos efectuados para su cementación del pozo E-53 derivado a que esta fue realizada con la UAP para bombear la lechada y bombas del equipo para realizar su desplazamiento obteniendo un menor tiempo, al igual que la toma de registro que no fue efectuado en el pozo E-53 sin embargo, se contempla en el programa.

Etapa 9 5/8" con BNA 10 5/8"

Macroactividades	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado E-53	6.54	0.00	0.72	1.47	2.02	0.62	0.31	1.33	13.01
Real E-53	1.35	0.32	0.92	1.06	1.97	0.52	0.16	1.89	8.18
Programado E-74	4.75	0.00	0.72	1.39	1.89	0.62	0.31	1.33	11.01
Real E-74	2.41	0.11	2.16	0.62	0.92	0.60	0.35	2.33	9.50
Propuesta	2.41	0.32	1.35	0.62	0.92	0.60	0.35	1.64	6.61

En la etapa de 9 5/8" se efectúa una propuesta con duración de **6.61 días**.

Dentro de la macroactividad de perforando se considera el tiempo efectuado en el pozo E-74 debido a que presento condiciones adversas en la operación como arrastres ocasionados por la presencia de un cuerpo calcáreo del eoceno medio que está conformado por carbonatos o calcarenitas con intercalaciones de lutitas, este puede ocasionar afectaciones como atrapamientos como fue en el caso del E-53 donde se presentó el atrapamiento por presión diferencial; en estos casos se considera colocar una TR de sacrificio para aislar este intervalo sin embargo no es rentable.



Se considera para la macroactividad de repasando el valor mínimo obtenido por el pozo E-74 esto derivado a que en la tabla de posibles riesgos cuenta con un nivel de riesgo medio, por lo cual se debe tomar en consideración dentro del programa de perforación.

En la macroactividad de circulando se considera 1.35 hrs, tomando como referencia la colocación de un bache de reforzamiento con obturante en el intervalo de 3165 a 2756 en el pozo E-74 debido a la formación del Paleoceno en la que se encuentra; se debe reiterar que esta formación se debe perforar agregando obturantes.

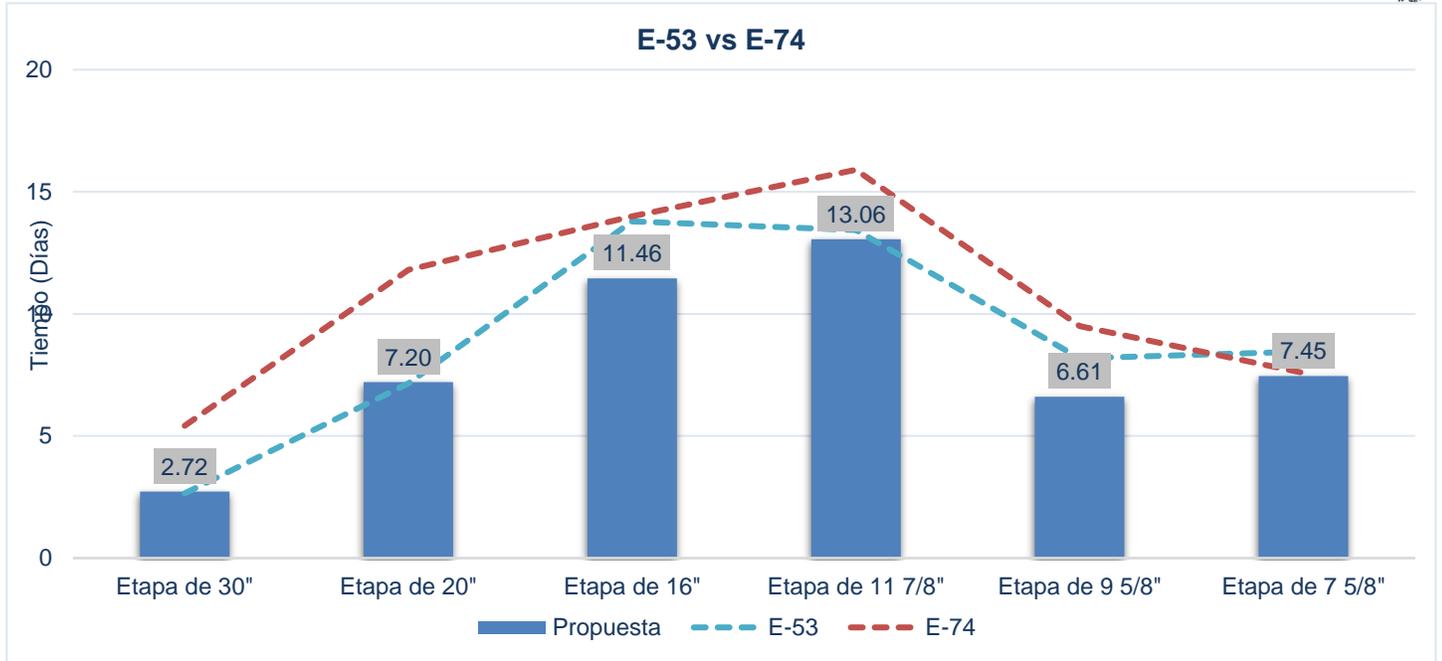
Para las actividades en superficie se considera la prueba de preventores, ya que esta prueba se efectúa cada 20 a 25 días por lo tanto dependerá de la etapa en la que se encuentre la intervención en este periodo de tiempo.

Etapa 7 5/8" con BNA 8 1/2"

Macroactividades	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
Programado E-53	3.91	0.00	0.45	1.83	2.43	1.01	0.00	0.95	10.58
Real E-53	4.20	0.35	0.08	1.43	0.89	0.91	0.00	0.60	8.46
Real E-74	3.31	0.29	0.10	1.12	0.68	0.56	0.00	1.52	7.58
Propuesta	4.20	0.35	0.10	1.12	0.68	0.56	0.00	0.60	7.45

En la etapa de 7 5/8" se efectúa una propuesta con duración de **7.45 días**.

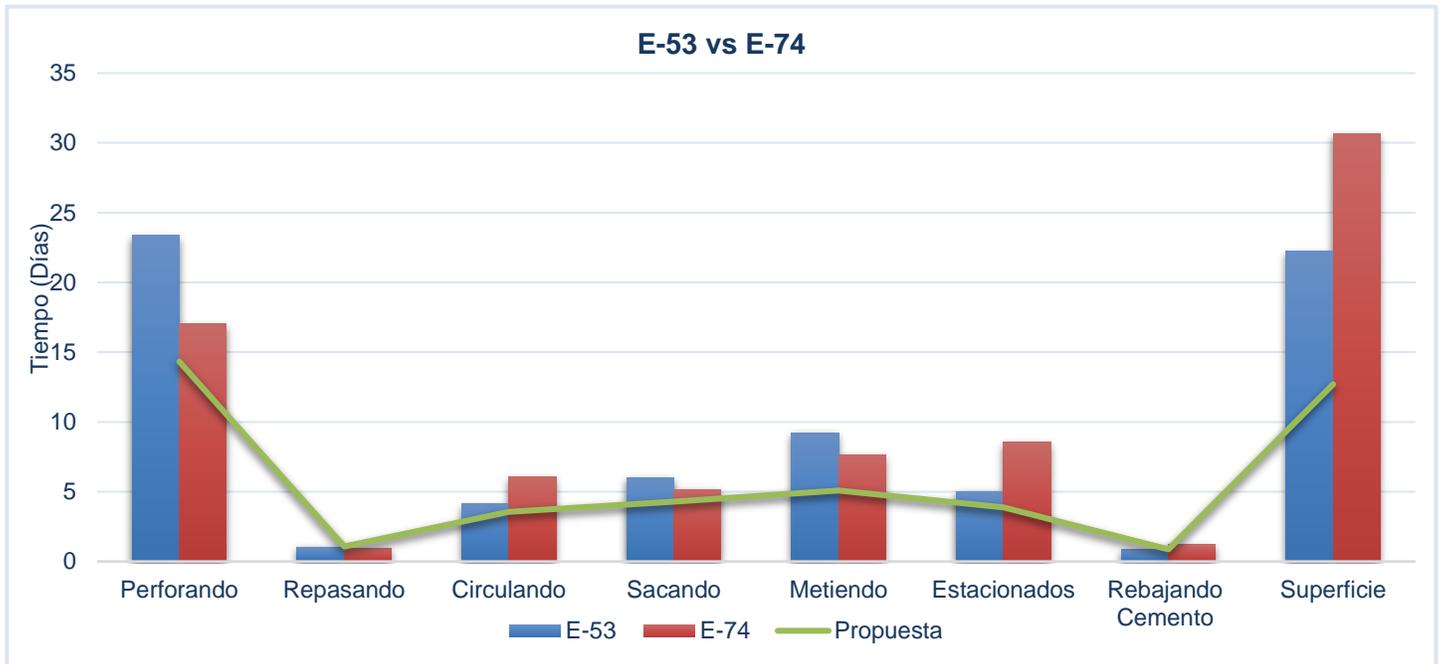
Para la macroactividad de perforando se considera el tiempo efectuado en el E-53 ya que presenta un comportamiento durante la perforación con afectaciones comúnmente ejercidas por la formación en la que se encuentra (KS), para esta etapa nos encontramos ya en zona del yacimiento, por lo cual se debe utilizar el protocolo para perforar en zona de pérdida parcial-total de circulación debido a que la presencia de resistencias y arrastres es con más frecuencia; se perfora con una ROP controlada en este caso de 10 m/hora, verificando parámetros de torque y arrastre previo a la conexión, normalmente esta etapa es perforada con la técnica de tubo frío.



La propuesta para la construcción de un pozo de desarrollo comprendido de 6 etapas con 4 TR's y dos liners es de **48.5 días** efectuado por el equipo ECO.



4.2 Análisis costo-beneficio



Macroactividades	Perforando [Días]	Repasando [Días]	Circulando [Días]	Sacando [Días]	Metiendo [Días]	Estacionados [Días]	Rebajando Cemento [Días]	Superficie [Días]	TOTAL [Días]
E-53	23.38	1.02	4.13	6.01	9.23	5.01	0.84	22.22	71.83
E-74	17.02	0.95	6.04	5.17	7.67	8.55	1.20	30.64	77.23
Propuesta	14.32	1.07	3.55	4.30	5.08	3.88	0.87	12.71	48.50

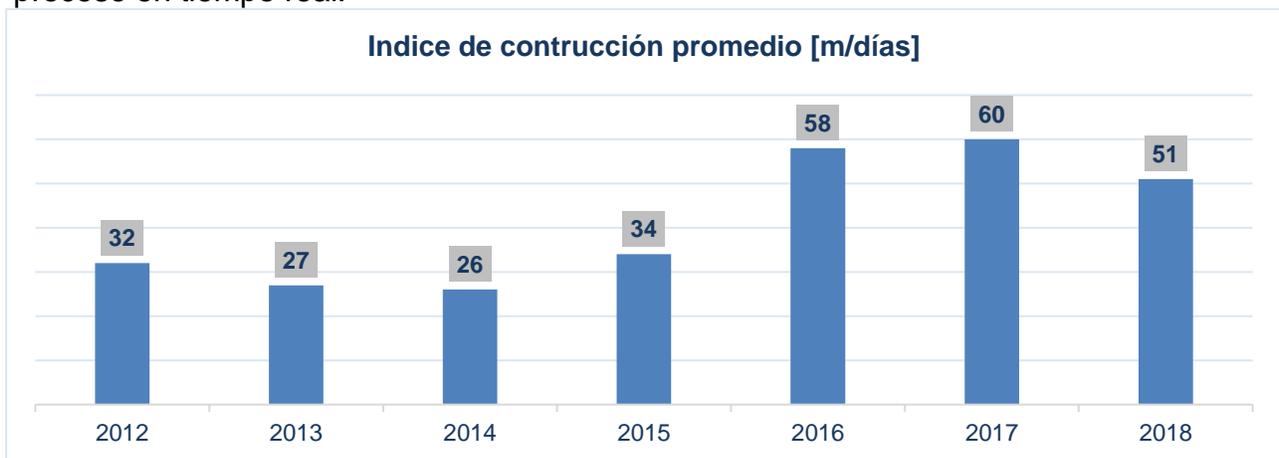
Promedio	20.20	0.99	5.09	5.59	8.45	6.78	1.02	26.43	74.54
Optimización	5.99	-0.08	1.54	1.29	3.37	2.90	0.15	13.72	28.76

Como se observa en la tabla anterior, existe un área de oportunidad para ahorrar costos mediante la optimización de los tiempos de las 8 macroactividades que involucran las actividades necesarias para perforar un pozo, en términos económicos se ahorrarían hasta **11.504 millones de dólares** por intervención al efectuar esta 48.50 días para un equipo modular por administración a renta de \$40,000 USD/D y se mejoraría el desempeño de la perforación.

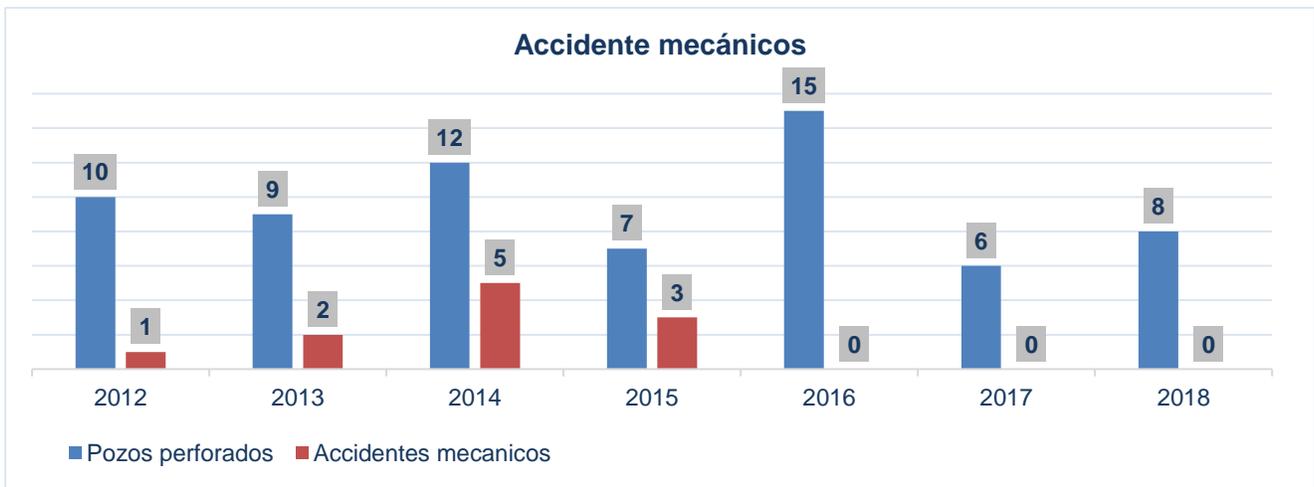


Capítulo 5 Conclusiones.

En el campo Ku – Maloob – Zaap, se implementó en el año 2016 un Centro de Monitoreo en Tiempo Real para apoyo en el análisis de los tiempos efectuados en la perforación de pozos de desarrollo derivado a que en el periodo 2012 - 2015 se obtuvo un promedio de 30 m/día en la perforación, logrando así para el periodo 2016 – 2018 un aumento a 56 m/día esto debido a una mejor visualización de todas las variables presentes en el proceso en tiempo real.



Se observo la disminución de accidentes mecánicos a partir de esta implementación, esto ya que se efectuó un trabajo en conjunto logrando buena sinergia entre el área operativa y de monitoreo real; ya que la toma de decisiones con la visualización de los indicadores es más rápida, identificando posibles problemas con mayor antelación en comparación con el personal de abordado.





La construcción de un pozo es variable respecto a otro, ya que no se tendrá el mismo comportamiento por diversos factores tales como formación, profundidad, condiciones de operación, entre otros. Sin embargo, el realizar el análisis de las diversas intervenciones efectuadas por un equipo nos ayudará a visualizar áreas de oportunidad para mejorar su desempeño.

Áreas de oportunidad

El realizar este tipo de análisis nos ayudan a identificar las áreas de oportunidad que tenemos para poder mejorar el desempeño de los equipos:

- **Diseño de programas de perforación**

Se identificó que los tiempos de programación no son los adecuados para diversas operaciones, debido a que no son consideradas las características y capacidades del equipo a utilizar para efectuar la intervención, por ejemplo: la instalación de preventores, en la mayoría de los equipos fijos es necesario realizar el armado del string de los mismos de forma seccionada por las restricciones estructurales del equipo; el trabajo en conjunto con el área operativa ampliará la visualización del comportamiento real del equipo.

La discretización de tiempos programados por actividades y evitar la globalización de estas brindará una mejor percepción del comportamiento de los tiempos efectivos para cada una de ellas, obteniendo así una mejor visualización para ambas áreas como operativa y diseño identificando nuevas áreas de mejora.

Dentro de la elaboración de estos se establecen las problemáticas que pueden presentarse durante la perforación, los que cuentan con un nivel alto de riesgo indican que la probabilidad de presencia es alta por esta razón deben ser considerados al efectuar la programación de tiempos.



Establecer los criterios a utilizar para agrupar las microactividades del proceso en cada macroactividad, derivado a la identificación de diversos criterios utilizados dentro de ambos programas; el establecimiento de estos criterios beneficiará un análisis homogéneo de cada intervención.

- **Recepción-envío de materiales**

La comunicación con la línea de mando abordo y en tierra, en conjunto con área de logística nos permitirá realizar una mejor coordinación para la recepción y envío de materiales, identificando los tiempos correctos dentro de las operaciones para realizarlos, disminuyendo el impacto que se tiene dentro de las operaciones por efectuar estas actividades; recordando que al realizar recepción/envío de material no se detiene la operación, sin embargo, el personal o equipo se divide en tareas simultaneas.

- **Equipo**

En ambas intervenciones al efectuar pruebas en las líneas de cementar se presentaron fugas, por lo cual se identifican para un mantenimiento a este componente del equipo esto para evitar reincidencia.

La utilización de UAP con apoyo de las bombas del equipo para efectuar la cementación se identifica como buena práctica principalmente en la etapa de 11 7/8" relacionado con el mayor volumen a utilizar.

Se identifica como como buena práctica el generar el fluido en un equipo de respaldo durante la operación de desplazamiento de fluido, debido a que simultáneamente se realiza el descenso del lodo y la limpieza de presas obteniendo así una reducción en tiempos.



- **Personal**

El personal a bordo del equipo ECO en la intervención del pozo E-53 obtuvo un mejor desempeño obteniendo un mejor tiempo de operación en comparación con el E-74, sobresaliendo por su habilidad para efectuar actividades simultáneas, por la tanto la trazabilidad y documentación de este nos ayudará para poder continuar con la mejora del desempeño del equipo; cabe mencionar que este pozo efectuó un mejor tiempo a mayor profundidad contando con un atrapamiento en su intervención.

Esta tesis analizó el desempeño del equipo ECO mediante los indicadores de desempeño para dos intervenciones realizadas en la Región Marina Noreste a través de este equipo; el análisis se efectuó en cada etapa con la discretización de las operaciones en macroactividades obteniendo así una mejor visualización de los datos identificando en cuál de ellas es posible una optimización y poder aumentar el cumplimiento de cada indicador.



Referencias

- 1.- PEMEX.(2018). Evaluación de las reservas de hidrocarburos. Subdirección de Recursos Prospectivos y Auditoría de Reservas de Hidrocarburos de Pemex Exploración y Producción.
- 2.- Perez Ernesto, Prado Gustavo, (2013). Desarrollo de Campos Marginales-Caso de Estudio: Campo Ku Maloob Zaap Formación Eoceno Medio, México.
- 3.- Cantú-Chapa, (2001). Mexico as the Western Margin of Pangea Based on Biogeographic Evidence from the Permian to the Lower Jurassic, IPN, México.
- 4.- Cook John, Growcock Fred, et. al. (2012). Estabilización del pozo para prevenir pérdidas de circulación, SLB.
- 5.-PEMEX (2015). Guía operativa para el diseño de intervenciones a pozos aplicando la metodología VCDSE , México.
- 6.-PEMEX (2012).- Plataformas Marinas para perforación, terminación y reparación de pozos.- Arrendamiento, NRF-037-PEMEX-2012, México
- 7.- Valdez Hugo, Sager Juergen, (2006). Benchmarking Drilling Performance : Achieving Excellence in MODU'S Operating Practices for Deepwater Drilling, SPE/IADC 92235
- 8.- Hernández Cesar, Torres Rodolfo, (2011), KPI Database. Drilling Process Synergy Achieved Through A Systematic & Analytic Approach. AADE. Texas.
- 9.- Arafat Alsalt (2016), Performance Measurement and Efficiency Improvement for Onshore Drilling Rigs Operated by OMV, Montan University.