

La curva de aprendizaje y su impacto en la perforación y terminación de pozos en el Activo de Producción Ku-Maloob-Zaap

*MI. Fernando Juárez Sánchez
APKMZ, Pemex*

Información del artículo: Recibido enero 2012-aceptado diciembre de 2012

Resumen

Este trabajo tiene como propósito presentar la curva de aprendizaje tomando en cuenta los elementos técnicos y de gestión, que impactan en la ejecución del proyecto de perforación y terminación de pozos.

Para que la organización de perforación disminuya los costos de los pozos, permanentemente se deben establecer metas retadoras, aplicar las mejores prácticas y lecciones aprendidas, realizar la planeación operativa, tomar decisiones oportunas, y aplicar tecnologías para disminuir el costo y riesgo del proyecto pozo.

La sincronización del equipo multidisciplinario es muy importante; así el área de planeación y diseño de pozos, responsable de la ingeniería, secuencia del programa y estimación del costo y tiempo del proyecto, debe retroalimentar en puntos clave. Por otro lado, para alcanzar los objetivos del proyecto, el ejecutor es responsable de coordinar y planear las operaciones, asignar tareas y convocar a reuniones para la oportuna toma de decisiones, empleando las herramientas de seguimiento, como es el monitoreo en tiempo real.

Los factores que más influyen en el mejoramiento de la perforación son la aplicación de métodos, herramientas y equipos de perforación eficientes, buscando la mejora continua, mediante la documentación y aplicación de las lecciones aprendidas y mejoras prácticas en el próximo pozo, basados en la experiencia de diseño y de operación.

The learning curve and its impact on the drilling and completion of wells in the Production Active Ku Maloob Zaap

Abstract

This paper aims to present the learning curve taking into account the technical and management that impact project execution of drilling and completion of wells.

For the organization to learn drilling and consequently decrease costs of wells should be permanently set challenging goals, implement best practices and lessons learned, conduct operational planning, timely decisions, applying technology to reduce the cost and risk of project well.

The timing of the multidisciplinary team is very important, so the area of planning and well design, responsible for engineering, program sequence and estimate the cost and time of the project, should provide feedback at key points, while the executor is

responsible for coordinating operations and plan, assign tasks and call meetings for timely decision making, using monitoring tools such as real-time monitoring to achieve the project objectives.

The factors that influence the improvement of drilling are the application of methods, tools and efficient rigs, seeking continuous improvement, through the documentation and application of lessons learned and best practices in the next well, based on experience design and operation.

Introducción

Este trabajo tiene como propósito dar a conocer el comportamiento de los tiempos de perforación y terminación de pozos cuando se emplea la técnica de curva de aprendizaje.

En todo proceso se busca incrementar la eficiencia de las actividades fundamentales, en este caso se analizaron los tiempos, costos y gastos de producción en la perforación y terminación de los pozos; por tal motivo, se analizó el comportamiento histórico de los pozos perforados en el Activo de Producción Ku–Maloob–Zaap (APKMZ), y se determinaron las áreas de oportunidad existentes con base en la curva de aprendizaje.

Desarrollo del tema

Para la mejora del proceso de perforación y terminación se toman en cuenta cuatro etapas principales: el diseño, la ejecución, evaluación y mejora, **Figura 1**. Al realizar la perforación y terminación de pozos, es necesario comparar lo diseñado contra lo programado; esta acción trae consigo una experiencia o lección aprendida, útil para aplicarse en proyectos futuros y mejorar su ejecución y diseño.

Diseño.- En el equipo multidisciplinario VCDSE del APKMZ se cuenta con la visión a futuro, se realiza la planeación y se definen los objetivos para el desarrollo de los campos del APKMZ, determinando el tiempo de duración y costo del proyecto; sin embargo, es un deber difundir la estrategia y actividades específicas con el objeto de dar a conocer los alcances.



Figura 1. Proceso de mejora en la perforación y terminación de pozos.

Sección Técnica

En relación al proyecto pozo, el equipo multidisciplinario realiza la visualización, conceptualización, diseño y programa del pozo. No obstante lo anterior, en todas las Coordinaciones de Enlace Operativo y Unidad Operativa KMZ, se tiene que llevar a cabo una planeación más detallada, reconociendo que el desarrollo del proyecto no es mecánico y que se deben incorporar al diseño opciones y oportunidades de adaptación.

En el APKMZ, el equipo multidisciplinario VCDSE incluye a todos los especialistas y a quienes participan en todas las fases del proceso, tomando en cuenta los aspectos relevantes de la terminación y perforación de pozos, **Tabla 1.**

Tabla 1. Consideraciones en la terminación y perforación de pozos.

ESPECIALIDAD	TERMINACIÓN	PERFORACIÓN
Petrofísica	Fluidos de terminación	Trayectoria
Geofísica	Estado Mecánico	Geopresiones
Yacimientos	Tipo de aparejo	Asentamiento T.R.
Productividad	Medio Árbol	Fluidos de perforación
Geomecánica	Estimulación	Cementación
Perforación	Disparos	Barrenas
		Sarta de perforación

En el seno del equipo multidisciplinario se analizan las tecnologías aplicables con el propósito de disminuir los tiempos y riesgos en la construcción e incrementar el tiempo de vida productiva del pozo, **Figura 2.**

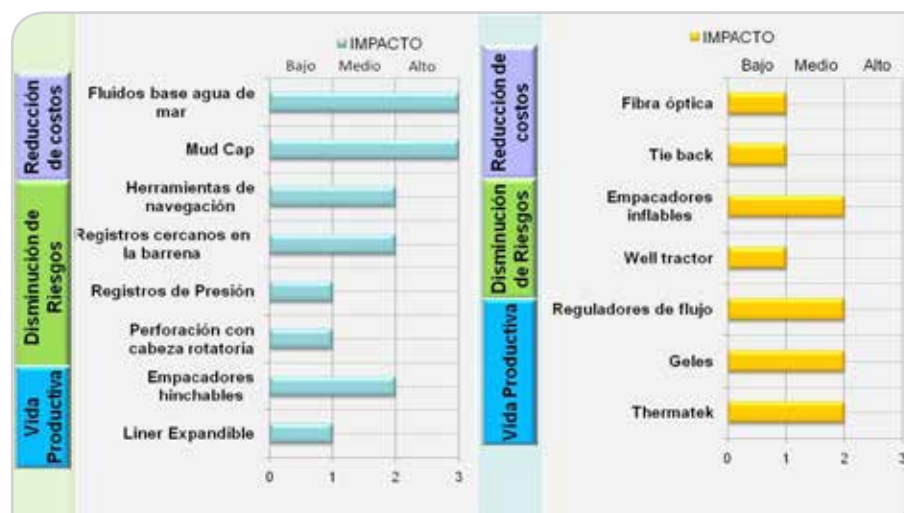


Figura 2. Tecnologías aplicables en terminación y perforación de pozos.

Ejecución.- Es la etapa del proceso donde se efectúa la perforación y terminación del pozo; sin embargo, previamente se tiene una actividad importante que es la planeación operativa, cuyo objetivo es la programación de los materiales, servicios y la asignación previa de las tareas específicas que debe realizar el personal de la Unidad Operativa Ku–Maloob–Zaap. Las características más sobresalientes de la planeación operacional son: considerar los lineamientos sugeridos por la planeación estratégica y táctica, y convertirlos en actividades programables; aplicando los procedimientos establecidos y reglas definidas con precisión en cada etapa.

Son actividades que se realizan de manera cotidiana, para alcanzar la eficiencia como parámetro principal. Se enfoca al presente, donde se desarrollan las actividades que conforman el cumplimiento de metas que en su conjunto van a lograr los objetivos propuestos.

Estas tareas les corresponden a los supervisores, pues son ellos quienes basándose en las tácticas y los objetivos planteados observan su cumplimiento; es decir, dan seguimiento a parámetros en superficie y fondo; desviaciones de lo programado vs lo real de diferentes parámetros, **Figura 3**; y elaboran la estadística de los tiempos perdidos.

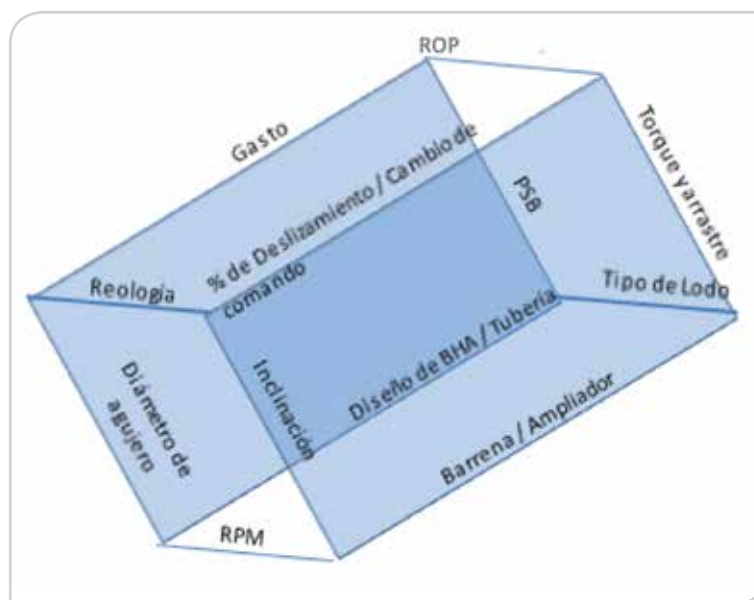


Figura 3. Parámetros de perforación considerados en la construcción del pozo.

Se apoyan con un sistema de alertas y al dar seguimiento continuamente, se pueden realizar recomendaciones oportunamente para efectuar los ajustes correspondientes a las desviaciones observadas; se lleva a cabo el seguimiento en tiempo real, tanto perforando como en cambios de etapa; se ejecutan simulaciones en tiempo real de variables (programas de hidráulicas, modelaje de sartas, torque y arrastre, trayectoria direccional, etc.), para optimizar la perforación, predecir las curvas de avance y ajustar los parámetros.

Se diferencia del diseño, ya que éste define qué hacer y los recursos con los que se realizará; mientras que la ejecución define la manera de cómo llevar a cabo la operación y las metas de eficiencia esperadas.

Evaluación.- Proceso que tiene como finalidad determinar el grado de eficacia y eficiencia, con que han sido empleados los recursos destinados para alcanzar los objetivos previstos, posibilitando la determinación de las desviaciones y la adopción de medidas correctivas, que garanticen el cumplimiento adecuado de las metas presupuestadas.

En el Activo de Producción Ku Maloob Zaap se está impulsando la documentación de las lecciones aprendidas, resumiendo y capturando los resultados conforme se avanza en las operaciones. Esto permite asimilar y transmitir las lecciones aprendidas a otros Activos. La evaluación de lo programado vs lo real incluye tanto actividades de operación como de diseño, destacando la columna geológica, asentamientos de tuberías de revestimiento, geopresiones, profundidad de cada etapa,

Sección Técnica

estado mecánico, toma de información, comportamiento del yacimiento, producción, costos.

Mejora.- Es un proceso progresivo para cumplir los objetivos de la organización, y prepararse para los requerimientos o proyectos próximos. En el caso del proyecto pozo, el proceso

de mejora en el diseño se manifiesta desde la selección de la alternativa a seguir, así como en el diseño y aplicación de tecnologías; mientras que en la ejecución se observa la operación, capacitación del personal, contratación de equipos, servicios de perforación, y la planeación operativa, entre otras, **Figura 4.**

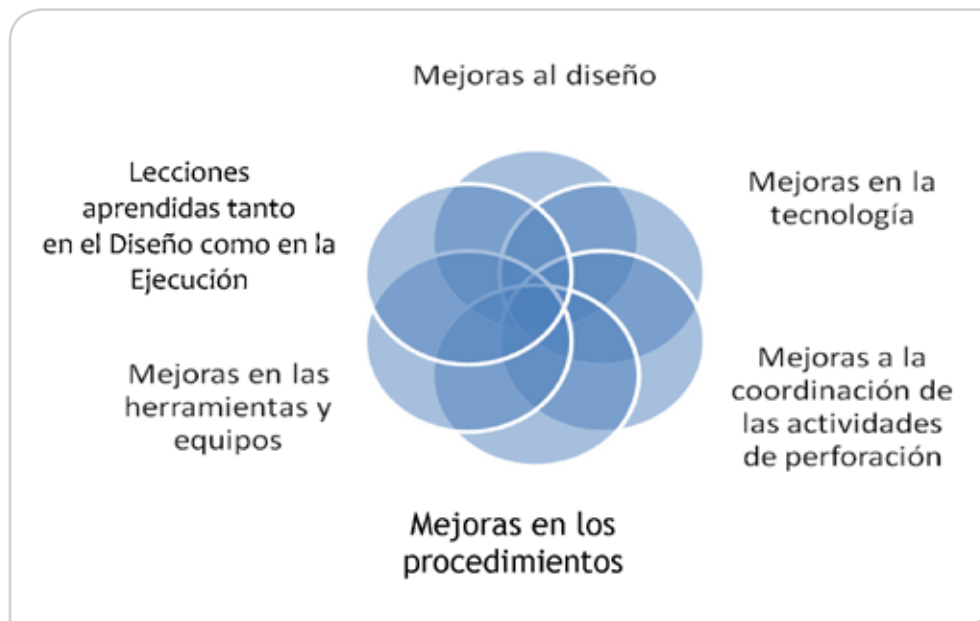


Figura 4. Proceso de mejora en las actividades de perforación y terminación de pozos.

Durante el proceso de mejoramiento se debe tomar el tiempo necesario para documentar las lecciones aprendidas, mediante resúmenes que permitan en el futuro tomar decisiones asertivas durante el desarrollo del proyecto pozo. Es recomendable realizar una revisión adecuada de las “lecciones aprendidas” al final de cada etapa o cada pozo.

Lecciones aprendidas

El propósito de este paso es sustituir lo que no funcionó por lo que funciona mejor, para enfocar los esfuerzos en áreas de mejora potencial. La mejora en el proyecto pozo se refleja en los resultados de los tiempos de ejecución, costo y producción.

Se aprende tanto de decisiones inadecuadas como de las buenas decisiones, así como de acciones eficaces realizadas; se aprende del uso apropiado y eficiente de técnicas y de herramientas.

Las lecciones aprendidas se deben documentar durante la ejecución del proyecto haciéndose los cuestionamientos siguientes:

1. ¿El proyecto alcanzó la meta de tiempo, costo y producción?
2. ¿Se conoce el criterio de éxito listado en el documento del alcance del proyecto?
3. Se alcanzaron los objetivos de toma de información y ¿qué valor o conocimiento proporcionó la misma?
4. ¿Cuáles fueron las lecciones principales que el equipo de trabajo aprendió?
5. Describir las etapas donde el proyecto se llevó a cabo correctamente y por qué; asimismo, dónde se desvió el proyecto y por qué.
6. ¿Qué podría realizarse en forma diferente en un proyecto próximo basado en la experiencia del proyecto actual?

Tiempos

Para estimar los tiempos se considera en cada etapa del proceso de perforación y terminación, el tiempo perforando, los viajes, toma de información, introducción de tuberías de revestimiento, cementación, conexiones superficiales, fluidos, entre otras actividades.

En el caso presente, el tiempo estimado puede resumirse en tiempo normal (libre de problemas), perforando con problemas y por mal tiempo, tanto en las actividades de perforación como en los cambios de etapa, **Figura 5**.

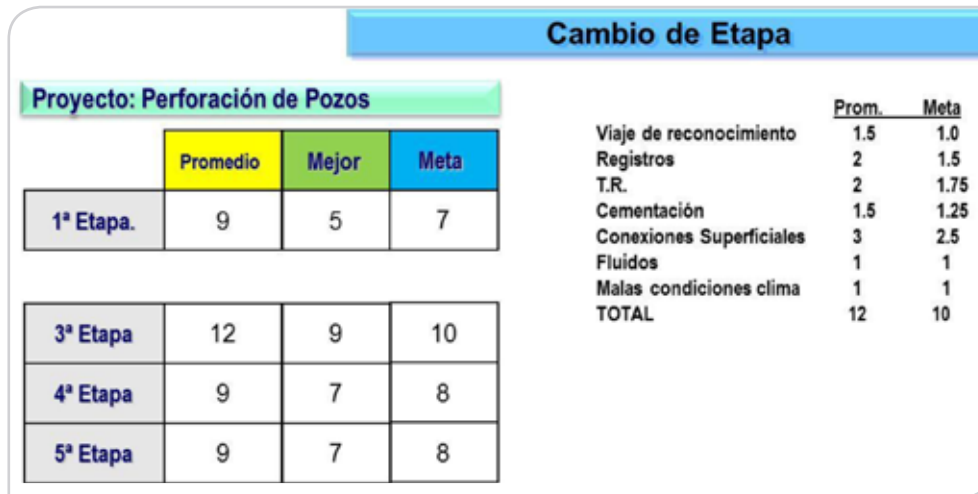


Figura 5. Tiempos en los cambios de etapa del Campo Ku.

Costos.- Se consideran los costos de equipos, materiales (barrenas, lodo, cemento, tubería de revestimiento y cabezales) y servicios (lodo, tuberías de revestimiento, logística, cementación, direccional, inspección de tuberías, registros, diesel y lubricantes), **Figura 6**.

Puede observarse que el porcentaje de los costos invertidos en el pozo, la renta de los equipos de perforación y los servicios representan el 70% del costo total del pozo; de ahí la importancia en reducir los costos de equipos, materiales y servicios.

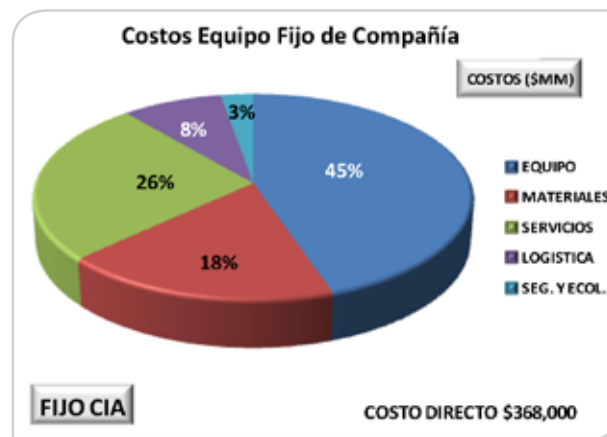


Figura 6. Costo de materiales y servicios interviniendo con equipo fijo.

Sección Técnica

Producción.- Otro de los elementos importantes en la perforación y terminación de pozos es la producción comprometida, **Figura 7.** Cuando se habla de mejoramiento de la productividad, es necesario desarrollar una visión integrada del sistema de producción: yacimiento-pozo-superficie, y en consecuencia, el diagnóstico y estudios integrales, ya que de esto depende la recuperación de las reservas del yacimiento.

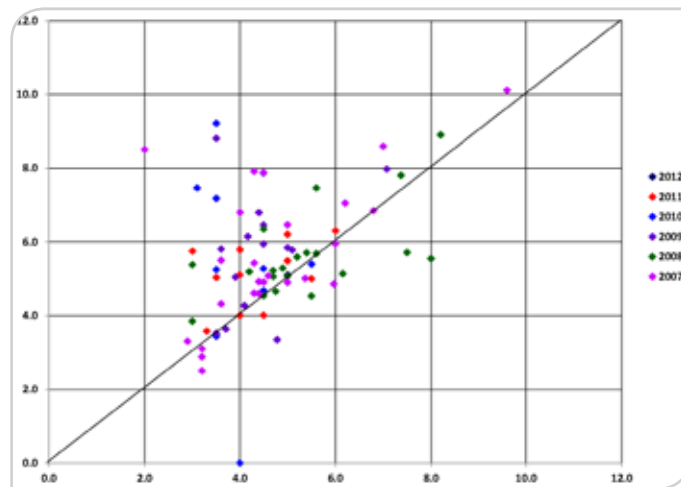


Figura 7. Comportamiento de la producción de los pozos terminados en los campos del APKMZ.

Procedimiento.- Conociendo el tiempo óptimo para perforar un pozo y el rango de mejora, es posible programar la meta en cada pozo, apoyados con la técnica de curva de aprendizaje.

Inicialmente se agrupan las gráficas de profundidad contra tiempo y se analiza el comportamiento, sin tomar en

cuenta las lecciones aprendidas. Los tiempos realizados por cada tipo de equipo, son indicativos de las metas de intervención; la reducción en tiempo seguirá un patrón previsible; se analizan los pozos con características similares y se determina su rango de oportunidad. Para determinar el límite técnico, se considera el mejor tiempo realizado, **Figura 8.**

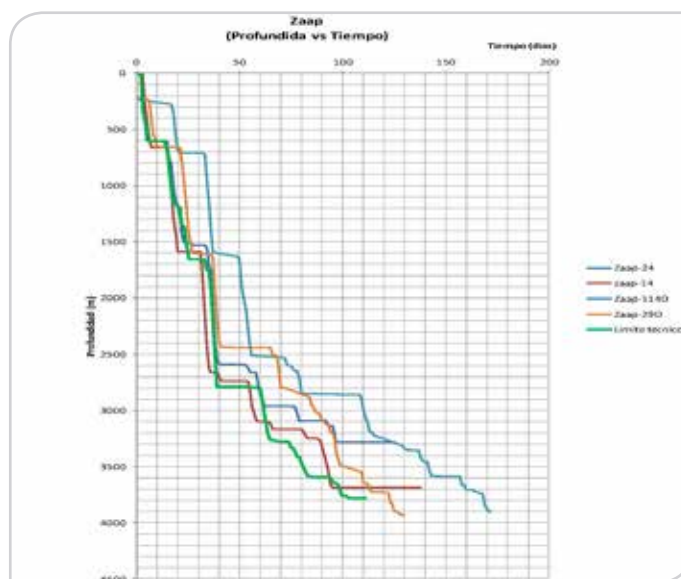


Figura 8. Gráfica de profundidad vs tiempo de pozos en el Campo Zaap.

Considerando el tiempo realizado en pozos con mayor y menor tiempo, se determina el área de oportunidad o tiempo que podrá disminuirse paulatinamente, la velocidad de aprendizaje y el límite técnico, **Figura 9**.

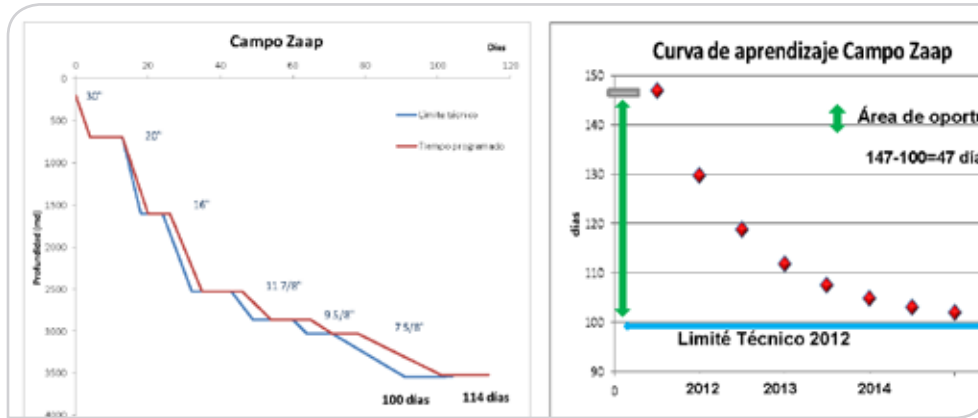
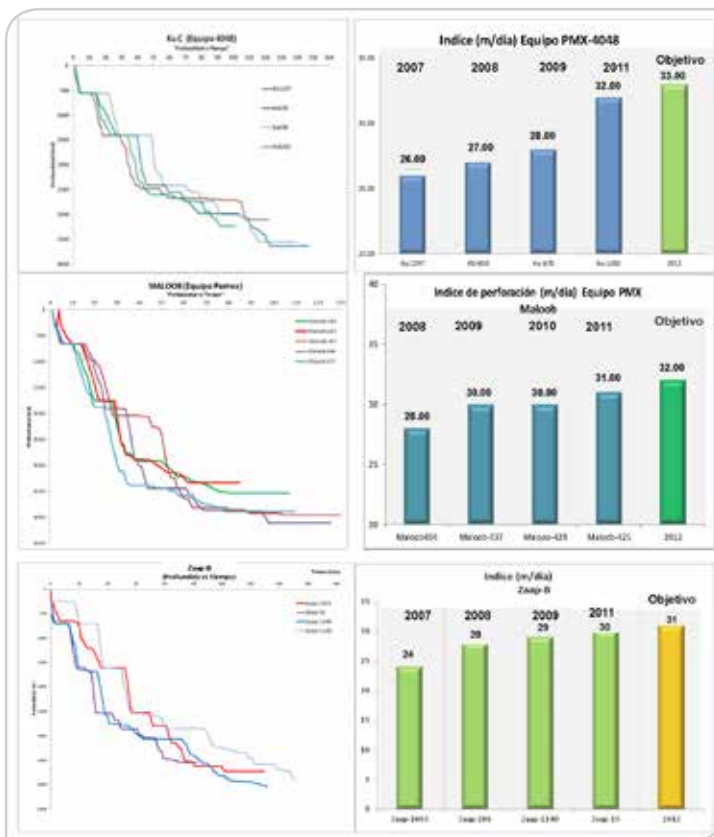


Figura 9. Área de oportunidad y límite técnico del Campo Zaap.



Resultados

En general los resultados de los tiempos programados contra lo realizado se han cumplido en el Activo de Producción Ku Maloob Zaap, observándose que los equipos cuando asimilan las lecciones aprendidas y buenas prácticas, disminuyen aún más los tiempos en los pozos siguientes, **Figura 10**.

Figura 10. Mejoras en los campos Ku, Maloob y Zaap, en tiempo.

Sección Técnica

De acuerdo a la experiencia en los tres campos, se tienen áreas de oportunidad, e independientemente de que la mayor parte de los pozos han cumplido con los tiempos programados, se determina que es posible reducir los tiempos de perforación, como se muestra en las Figuras 9 y 11.

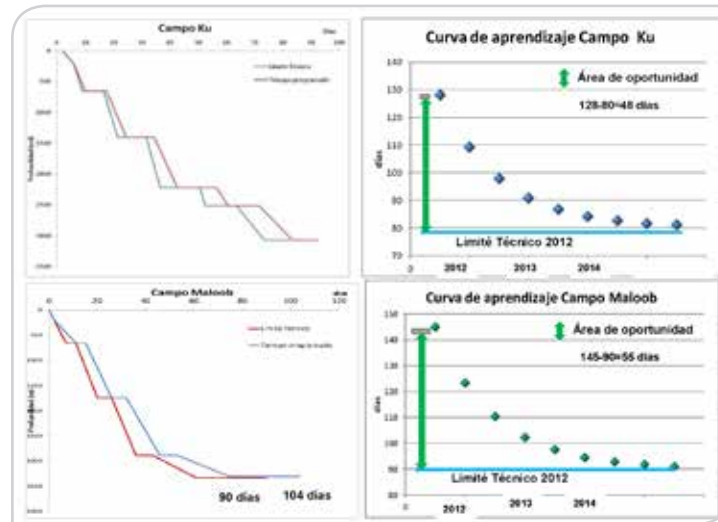


Figura 11. Área de oportunidad y límite técnico del Campo Ku y Maloob.

Si se continúa con el proceso de mejora podrían alcanzarse ahorros como los mostrados en las diferencias entre lo programado y lo real, tanto en costos como en tiempos, Figura 12.

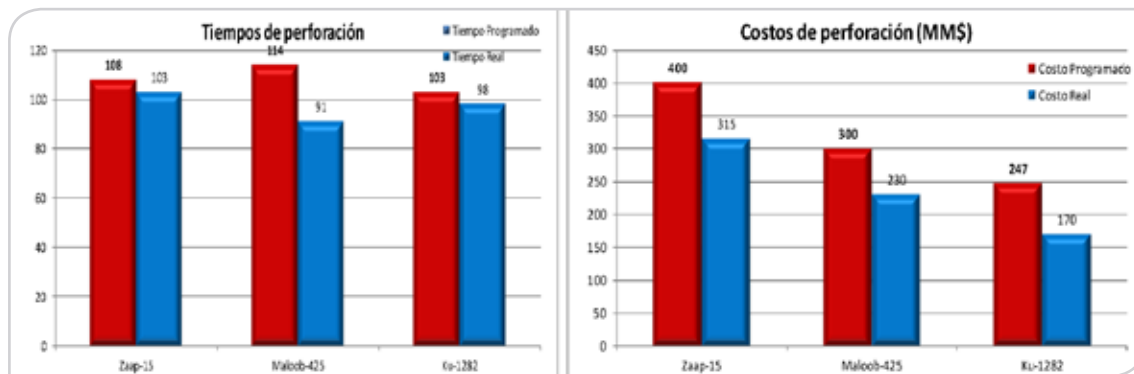


Figura 12. Mejoras en el Campo Zaap en tiempo y costo.

Como puede observarse, los tiempos promedio de perforación han venido disminuyendo gradualmente; así, mientras que en el año 2008 se requerían en promedio 126 días, actualmente se realizan 115 días y la meta actual es de 110 días por pozo, Figura 13.



Figura 13. Disminución de los tiempos en los campos del APKMZ.

Asimismo considerando los tiempos por tipo de pozo, los cuales se han cumplido, se muestran en la **Figura 14**.

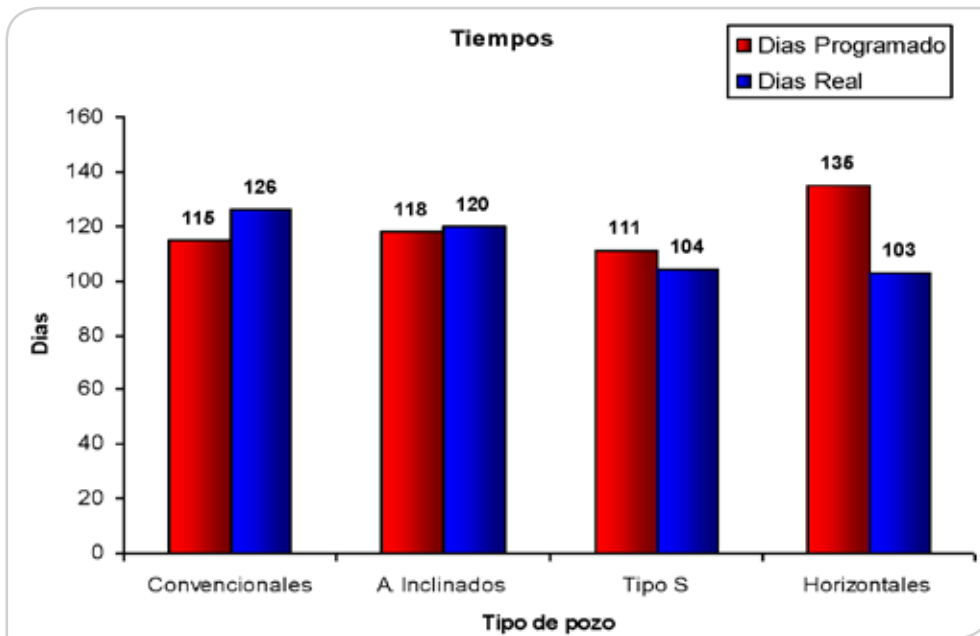


Figura 14. Tiempos programados vs reales por tipo de pozo.

Sección Técnica

Con respecto al costo de los pozos, es entendible destacar que los que se realizaron en menor tiempo, además de cumplir con los compromisos de producción establecidos, resultan los proyectos más rentables, **Figura 15**.

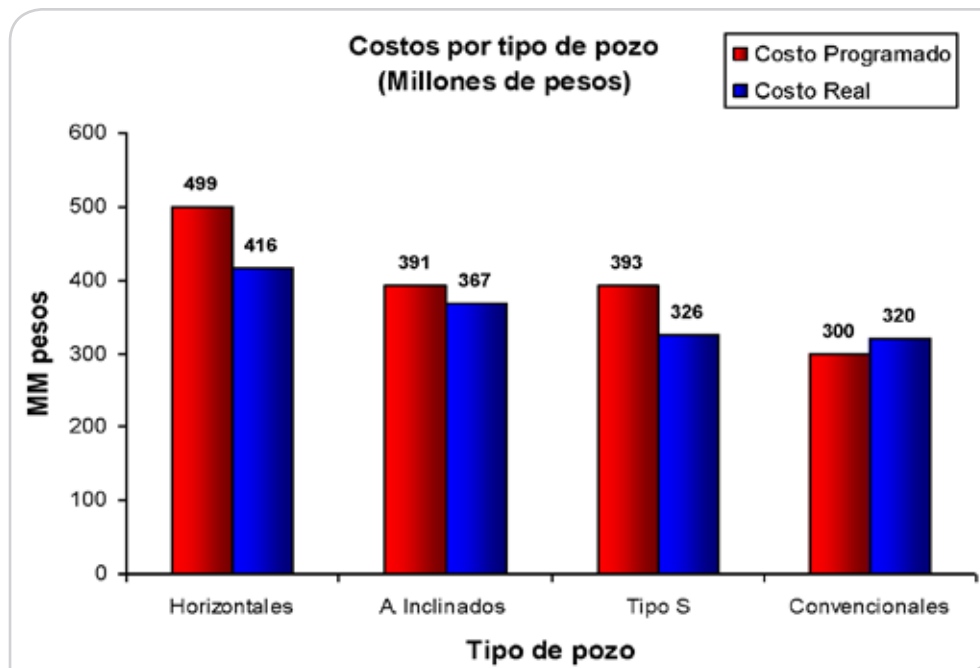


Figura 15. Costos de perforación por tipo de pozo.

Si bien es cierto que en el desarrollo de los campos Ku Maloob Zaap en principio la meta fue alcanzar la producción de 850,00 BPD, ahora es el sostenimiento de la producción por un periodo de cinco años, **Figura 16** y **17**.

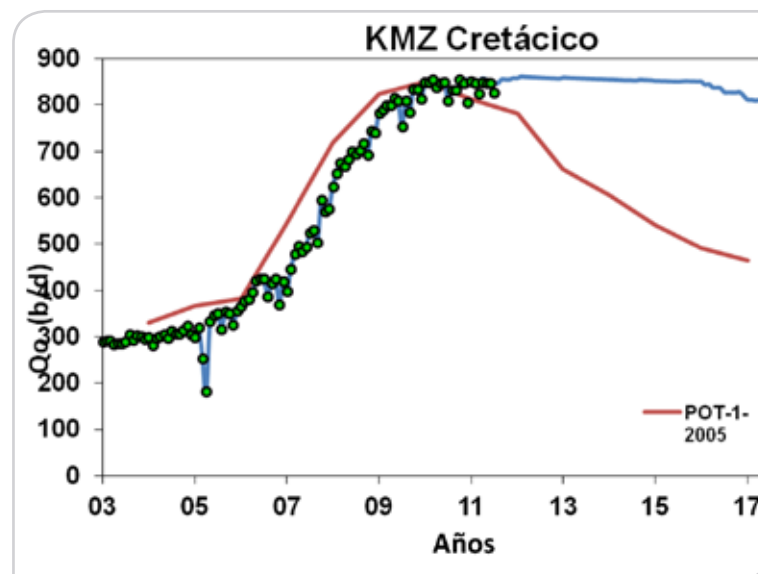


Figura 16. Perfiles de producción del APKMZ

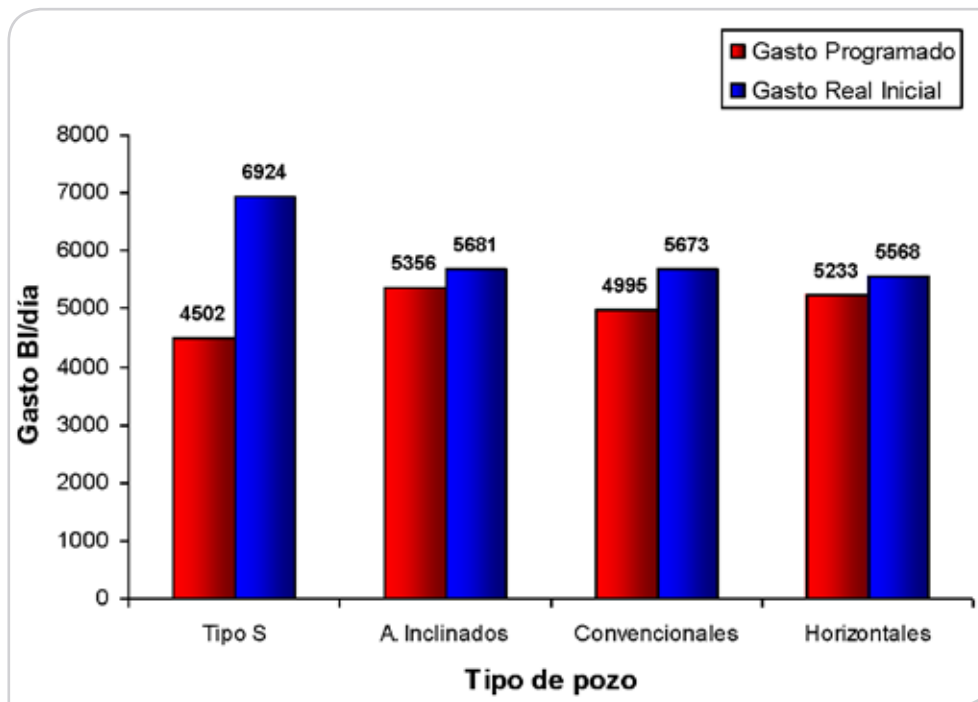


Figura 17. Ritmos de producción por tipo de pozo.

Conclusiones

1. La curva de aprendizaje discutida en este trabajo es aplicable a la perforación de pozos en campos con características similares, perforados en una misma área.
2. Los tiempos determinados por la curva de aprendizaje se consideran en el cálculo de los costos, siendo éstos los más competitivos.
3. Los valores que determinan la curva de aprendizaje son indicativos del desempeño de una organización dedicada a la perforación de pozos.
4. Los factores que más influyen en el mejoramiento de la perforación son: la tecnología empleada, aplicación de mejores prácticas y lecciones aprendidas, tanto en la parte de ingeniería como en la operativa, mejores métodos, herramientas y equipos más eficientes.
5. Reconocer los errores y corregirlos es una de las tareas básicas y más difíciles de toda empresa. De ahí la importancia de examinarlos cuidadosamente y adoptar las medidas para eliminarlos.
6. Se han reducido los tiempos no productivos de perforación asociados a problemas de estabilidad, mediante la identificación de riesgos potenciales y la elaboración del correspondiente plan de mitigación, realizando el diseño con menos riesgo.
7. Se lleva a cabo el seguimiento en tiempo real de las operaciones de perforación y terminación de pozos, con la finalidad de identificar áreas de oportunidad de mejoras en los procesos y diseños de los pozos.

Referencias

Brett, J.F. y Millheim, K.K. 1986. The Drilling Performance Curve: A Yardstick for Judging Drilling Performance. Artículo SPE 15362, presentado en SPE Annual Technical Conference and Exhibition, octubre 5-8, New Orleans, Louisiana.
<http://dx.doi.org/10.2118/15362-MS>.

Semblanza

Ing. Fernando Juárez Sánchez

Ingeniero Petrolero egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1981.

Titulado con Mención Honorífica en la Licenciatura en Administración Pública en la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene el grado de Maestro en Ingeniería que cursó en la misma institución.

Ingresó a Petróleos Mexicanos en el Departamento de Ingeniería Petrolera en Ciudad del Carmen, Estado de Campeche, en julio de 1981.

De 1981 a 1991 se desempeñó como Supervisor de cementaciones, terminaciones y reparación de pozos, en plataformas fijas, autoelevables, semisumergibles y barcazas; así como pruebas de producción y estimulación de pozos.

De 1991 a 1992 fue Superintendente del área de Ingeniería de Diseño, perteneciente a la Subgerencia de Terminación y Reparación de pozos, Región Marina.

De 1993 a 1995 fue Superintendente del Área de Planeación perteneciente a la Subgerencia de Planeación y Evaluación de Perforación y Mantenimiento de Pozos.

De 1995 a 2006 fue Superintendente del área de Diseño y Seguimiento de Intervención a Pozos, en Coordinación de Diseño de Explotación, Activo Ku-Maloob-Zaap.

De 2007 a la fecha es Líder del Equipo Multidisciplinario VCDSE del APKMZ, perteneciente a la Coordinación de Diseño de Proyectos, Activo de Producción Ku Maloob Zaap.