



**SIMULADOR DE TÉCNICAS DE DETECCIÓN, DE  
MONITOREO DE PARÁMETROS DE FORMACIÓN Y  
CONTROL DE BROTES EN POZOS PETROLEROS.**

**SIMULATOR OF DETECTION TECHNIQUES,  
MONITORING OF TRAINING PARAMETERS AND  
CONTROL OF OUTBREAKS IN OIL WELLS.**

Rosalino Del Ángel Avilés<sup>1</sup>, Raúl Hernández Rivera<sup>1</sup>, Diana Franco Clemente<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México

---

Recibido: 2018-11-16

Aceptado: 2018-12-06

Autor corresponsal: Rosalino Del Ángel Avilés *chalis.aviles@gmail.com*

## Resumen

Uno de los problemas más costosos y peligrosos en la industria petrolera y en particular durante la búsqueda de hidrocarburos, es el control de presiones subterráneas encontradas durante la perforación. En el ámbito de la industria petrolera mundial, los costos relativos a la solución de este tipo de problemas han ascendido en los últimos años a cientos de millones de dólares.

Los simuladores es una de las tecnologías avanzadas que puede preparar a los alumnos de la carrera de ingeniería petrolera en situaciones de riesgo en las que se pueda presentar en su vida laboral, aunque no es una función que vaya a realizar, se debe de tener el conocimiento básico de un control de brotes.

Con el objetivo de mejorar el conocimiento y la capacidad de los estudiantes de la carrera de ingeniería petrolera que se incorporarán a la vida laboral con relación a identificar en forma oportuna indicadores que permitan interpretar un brote o un descontrol de pozo, se desarrollará un sistema de entrenamiento simulado de las actividades de la perforación y del control del pozo de forma segura para el alumno, ya que se tendrá parámetros reales, de situaciones que se presentan en la perforación de pozos.

El valor académico del presente proyecto, nos permite concluir que su aportación para el alumnado será muy satisfactorio, ya que a la hora de desarrollar y aplicar las prácticas sobre este proyecto podrán usar y aplicar formulas, métodos y conceptos reales del campo industrial.

Palabras claves: simulador, brote, control, descontrol de pozos.

## Abstract

One of the most costly and dangerous problems in the oil industry and in particular during the search for hydrocarbons, is the control of underground pressures encountered during drilling. In the field of the global oil industry, the costs related to the solution of this type of problem have amounted in recent years to hundreds of millions of dollars.

The simulators is one of the advanced technologies that can prepare the students of the petroleum engineering career in risk situations in which they can present themselves in

their working life, although it is not a function that they will perform, they must have the basic knowledge of outbreak control.

With the objective of improving the knowledge and capacity of the students of the oil engineering career who will be incorporated into the working life in order to identify in a timely manner indicators that allow interpreting an outbreak or a lack of well control, a system of simulated training of the drilling and well control activities in a safe way for the student, since there will be real parameters of situations that arise in the drilling of wells.

The academic value of this project allows us to conclude that your contribution to the students will be very satisfactory, since when developing and applying the practices on this project they will be able to use and apply formulas, methods and real concepts of the industrial field.

**Keywords:** Simulator, outbreak, control, uncontrol, wells.

## **Introducción**

La mayoría de los brotes no son intencionales, se definen como la entrada de fluidos no deseados de la formación al pozo, tales como aceite, gas, agua o una mezcla de estos. Al ocurrir un brote el pozo desaloja una gran cantidad de lodo de perforación, y si dicho brote no es detectado y corregido a tiempo, se produce un descontrol. El descontrol se define como un brote de fluidos que no pueden manejarse a voluntad. El personal de perforación debe reconocer las señales de advertencia de un amago y reaccionar inmediatamente con los procedimientos de control de pozos para minimizar el efecto del brote (Rossland, 2013). El reconocimiento temprano de una arremetida y el pronto inicio de los procedimientos de control son clave para controlar el pozo exitosamente, las presiones de la tubería de revestimiento originadas por un brote dependen del volumen y de la densidad del fluido invasor, así como también del diferencial entre el gradiente de la presión de formación y el gradiente del fluido.

Con la simulación es posible crear escenarios alrededor de un problema específico, de esta manera se puede interactuar con incidentes y problemas que se han presentado en el pasado, para generar buenas prácticas en las operaciones de control a partir de las lecciones aprendidas de los accidentes del pasado. Esto genera que a través del estudio de casos la simulación es probable que sea preferible para las personas de práctica orientadas a la acción porque reproduce las muchas acciones, reacciones e interacciones simultáneas que

ocurren tanto en operaciones normales como de crisis, presenta una mejor reproducción de las operaciones la reunión informativa, brinda un paso atrás para que los participantes revisen las acciones y decisiones y determinen el mejor camino a seguir en situaciones futuras, para abordar cuestiones de equipo y de comportamiento para rediseñar los protocolos de comunicación y plantear cuestiones de procedimiento (Kropla, 2008).

Un simulador es quizá la aplicación que más aprovecha las especificaciones de la computadora como recurso de aprendizaje y que cada día se extiende más en áreas de la educación.

El uso de simuladores en la industria petrolera no es nuevo, ya que se simulan situaciones de riesgo sin exponer las vidas de las personas que lo utilizan.

Desde simuladores de equipos de perforación de pozos de cualquier tipo, hasta simuladores en tercera dimensión con sistemas de inmersión.

El simulador permite al estudiante aprender de manera práctica, a través del descubrimiento y la construcción de situaciones hipotéticas. Un simulador tiene la ventaja de permitirle al estudiante desarrollar la destreza mental o física a través de su uso y ponerlo en contacto con situaciones que pueden ser utilizadas de manera práctica. Si son usados en trabajo colaborativo, estimulan el trabajo en equipo al estimular la discusión del tema. El mismo nos permite acceder de manera virtual y a escala, al modelo de un sistema real, así como llevar a término experimentos con el mismo, con la finalidad de que podamos comprender su comportamiento o evaluar nuevas estrategias.

Los simuladores son útiles para la educación continua, para el entrenamiento de personal, y se está incorporando como laboratorios de simulación en las escuelas donde se adiestra a los estudiantes, de software de compañías petroleras, donde los estudiantes al terminar sus estudios, conocen las situaciones que presenta la vida laboral.

Los simuladores didácticos constituyen soluciones ambiciosas para formar estudiantes que sean capaces de conocer los parámetros básicos del control de pozos, sin siquiera estar en un equipo de perforación, donde los estudiantes se formen y tomen decisiones en las gestiones de situaciones críticas.

En simuladores de perforación de pozos petroleros quien desarrollo este simulador, incluyo prácticamente todas las variables posibles, de acuerdo con el tipo de pozo: horizontal,

vertical o desviado. Fue diseñado para un ambiente particular, pero una vez validado tendrá que adecuarse a diferentes lugares geográficos.

Variables alterables son las propiedades del fluido de perforación, como densidad, viscosidad, contenido de sólidos y aceite, y pérdida de filtrado, y los factores mecánicos, como tipo, peso, desgaste y velocidad de rotación de la barrena.

Existen básicamente tres tipos de brotes que pueden presentarse en el interior del pozo que se está interviniendo, los cuales pueden originar un reventón o descontrol.

Tipos de Brotes:

- **Gas**
- **Petróleo**
- **Agua.**

O la combinación de ellos. El método usado para eliminar los riesgos de brotes y el control primario, varía para cada caso, pero todos mantienen la presión constante en el fondo del pozo. Se debe recordar que la formación productora no dejara de aportar fluidos a la superficie hasta que el pozo quede debidamente controlado, por eso es de suma importancia reconocer un brote y auxiliar rápida y eficientemente en el procedimiento de cierre.

La presión del tiempo es un factor clave en situaciones de perforación y un componente crítico que afecta la toma de decisiones (Golding, 2016). Por el contrario, los informes obtenidos en una sala de conferencias no transmiten ninguna sensación de tiempo o urgencia, aunque puede ser una buena forma de presentar ciertos tipos de información o de conducir una discusión.

### **Materiales y métodos**

Se utilizaron los siguientes materiales, para realizar lodos de diferentes densidades, para así poder tener un rango de densidades que se tiene que utilizar al iniciar la simulación.

Se realizaron ajustes para calibrar la galga estequiometría, para poder tarar con el software abdiu y los diferentes pesos de los cálculos del simulador y así fueran lo más exactos posibles, considerando una prueba de error máximo de 3gr ya calibrada la galga estequiometría y tarada a 0.

Tabla 1. Materiales

---

Materiales LQ Y SW

---

Matraz 1000 ml

Balanza analítica

Barita

Bentonita

Agua

Varilla de vidrio

Sal

Galgaestequiometria

Arduino

Laptop

---

Fuente: Autores.

Las diferentes técnicas de control de pozos son utilizados en diversas situaciones dependiendo de una gran variedad de factores. Estos pueden ser la profundidad a la que surgió el problema, la posición de la sarta de perforación, la habilidad del personal y la capacidad del equipo, por mencionar algunos. En primer lugar, el control de pozos radica en tener la presión del fondo del pozo constante, durante la entrada de los fluidos hasta su desalojo. Para que esto ocurra, debemos identificar la entrada de ellos visualmente y enseguida cerrar el pozo utilizando el equipo de control superficial. Cuando tenemos cerrado el pozo, se puede tomar el control sobre el pozo, así será más sencillo tener la presión del fondo del pozo constante. Los tres principales métodos de control de pozos que mantienen una presión constante en el fondo del pozo son:

) Método del perforador.

) Método de esperar y densificar o del ingeniero.

) Método concurrente.

La selección del método a utilizar dependerá de la cantidad y el tipo de fluidos de bombeo que ingresaron al pozo, las capacidades de los equipos de perforación, la presión mínima de fractura en el pozo abierto y las políticas de control de pozos de las empresas de perforación y operación (Omosebi, 2012).

### **Método del perforador**

La principal idea del método del perforador es matar el pozo con presión de fondo constante. Éste método requiere dos circulaciones completas y separadas de fluido de perforación en el pozo (Transocean, 2009).

Es considerado como uno de los métodos más simples para controlar el pozo, ya que no requiere de cálculos complicados y se acomoda a diferentes situaciones. La primera circulación remueve el brote con el lodo original. En la segunda circulación se utiliza el lodo de control con la finalidad de desplazar el lodo original y poder equilibrar la columna hidrostática nuevamente. Si el pozo fue controlado con éxito, al final de la segunda circulación la presión de la TP y de la TR debe de ser cero. Si esto no es así, significa que aún hay un brote en el pozo.

### **Método de esperar y densificar o del ingeniero**

Este método recibe su nombre por el hecho de que se presenta un tiempo de “espera” mientras se aumenta el peso del lodo antes de circular el influjo fuera del agujero. Por lo general el pozo puede matarse en una circulación completa y esta es la principal diferencia con el método del perforador, en el que se necesita de dos circulaciones para controlar el pozo (Transocean, 2009).

### **Método concurrente**

Este método se inicia al circular el lodo con la densidad original y con la PIC. Se adiciona barita hasta que el lodo alcanza su peso de control, lo que implica que el pozo se densifica mientras se está circulando. El método implica un incremento gradual en la densidad del lodo hasta que el influjo es desalojado a la superficie. Requiere de circular varias veces el lodo hasta completar el control del pozo (Transocean, 2009).

Éste método puede utilizarse inmediatamente al conocer las presiones de cierre y es recomendable cuando se requiera de una densidad del lodo de matar muy alta.

### **Resultados y discusión.**

La ventaja de los software es que puedes analizar incidentes que sucedieron en el pasado que ayuden a generar buenas prácticas en las toma de decisiones, las cuales puedes comparar para obtener nuevas formas y procedimientos, que faciliten las operaciones al enfrentarse a la presencia de un brote en el futuro. Cabe recalcar que antes de iniciar la simulación, verificar los datos a introducir. Se debe de contar con información de pozos análogos. Si se introduce datos “basura”, el programa arrojará resultados “basura”. Para apoyar a la capacitación, el proceso de planeación, cálculo y prevención de los brotes, se aplica el software como una herramienta didáctica basada en java y en hoja de cálculo para su fácil aplicación, la cual incorpora los métodos más utilizados en el control hidráulico del brote y te permite comparar sus resultados. Para corroborar la operabilidad del software se hace la simulación de un pozo conocido, para que posteriormente se comparen los datos y se hagan las debidas conclusiones

### **Conclusiones**

Con base a los datos y documentos que presentan temas diferentes a este proyecto, se puede determinar la importancia de aplicar y ejecutar los temas con el alumnado, ya que al conocer la información, el alumno podrá desarrollarse profesionalmente en el campo laboral logrando buenos resultados, gracias a sus conocimientos adquiridos con las practicas ejecutada en el mencionado simulador.

Todos los resultados de la investigación son de suma importancia, ya que en ellos fue posible aclarar dudas con los temas más puntuales, por ejemplo, control de brotes, presión de fluidos de control entre otros fueron resueltos y aclarados en el avance de la investigación, por lo tanto es posible llegar a la conclusión de que el desarrollo y crecimiento académico del alumnado será satisfactorio ya que todos los temas relevantes se aclararon de manera total, lo que permitirá ejecutar las prácticas de manera efectiva en nuestro simulador.



Gracias a las investigaciones para control de brotes y densificación de lodos podemos obtener resultados satisfactorios ya que con esta investigación podemos concluir que con este simulador es posible realizar prácticas académicas para ampliar los conocimientos del alumnado del ITSTA de tal forma el alumnado ejecutará las prácticas de manera efectiva en el campo laboral.

### **Referencias Bibliográficas**

- ) Kropla, S.M; (2008) "Building a well control culture with well cap" Orlando, IADC/SPE 112736.
- ) Rossland, O; (2013) "A discussion of well control methods" Universidad of Stavanger
- ) Well control handbook (2009). Transocean.
- ) Golding, F; (2016) "Deepwater well control: Integrated simulation for risk management" Galveston, SPE 180351-MS.