

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Desarrollo de aplicaciones informáticas
Recibido: 16/10/2013 | Aceptado: 29/04/2014

Módulo de Visualización para el análisis petrofísico a pozos de petróleo

Visualization Module for petrophysical analysis of oil wells

Ridel Oscar García Mora ^{1*}, Yusleidy Valera González ¹

¹ Dpto. Construcción de Componentes CEDIN. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba. CP.: 19370.

* Autor para correspondencia: rmora@uci.cu

Resumen

El petróleo es un recurso natural no renovable utilizado para producir un alto porcentaje de la energía que se consume en el mundo. Debido a su importancia y utilidad se extrae en casi todos los países de América. En Cuba se utilizan para la exploración de este preciado recurso, sistemas automatizados, que entre sus características permiten analizar, evaluar y modificar la información contenida en los archivos de registros de pozos de petróleo. Estos sistemas automatizados son una gran ayuda en el análisis e interpretación de la información contenida en los registros de pozos, proporcionando una mayor precisión y velocidad en el procesamiento. Pero para Cuba, el uso de estos sistemas no es factible debido al elevado costo requerido para utilizarlos, además, que sólo se pueden ejecutar en el sistema operativo *Windows*. El presente trabajo tiene el objetivo de permitir el análisis de la información contenida en los archivos de registros de pozo de petróleo a través de la visualización de histogramas, *cross-plot* y pistas. Para desarrollar este trabajo se emplearon los métodos científicos: analítico-sintético, modelado, observación y entrevista. Además, se utilizó la metodología RUP, lenguaje de modelado UML, la herramienta *CASE Visual Paradigm*, el lenguaje de programación C++ y el marco de desarrollo Qt, como entorno de desarrollo *QT Creator* y la biblioteca Qwt5. Como resultado de este trabajo, además del módulo implementado, se obtuvo la ingeniería de requisitos y análisis del modelo de negocio de la información contenida en los registros de pozos de petróleo.

Palabras clave: análisis, petrofísica, petróleo, visualización.

Abstract

Oil is non-renewable natural resource used to produce a high percentage of energy in the world today. Because of its importance and usefulness is mined in almost all the countries of America. In Cuba for the exploration of this precious resource, automated systems are used, which among its features provide analyze, evaluate and edit the information contained in the files of oil well logs. These automated systems are a great help in the analysis and interpretation of such information, providing greater accuracy and speed in processing. But for Cuba, the use of these systems is not feasible due to the high cost required to obtain and use them, besides it can only be run on Windows operating system. The present work aims to enable the analysis of information contained in the files of oil well logs through the histogram display, plots and cross plots. It was developed using scientific methods such as the Analytic-Synthetic, Modeling, Observation and Interview. In addition, we used the RUP, UML modeling language, the CASE tool Visual Paradigm, the programming language C++ as the development framework Qt framework like QT Creator development environment and a library Qwt5 graphed. The result of this work was the implemented module, besides the requirements engineering and a business model from the analysis of information contained in oil well logs.

Keywords: *analysis, oil, petrophysical, visualization.*

Introducción

El petróleo es un líquido oleoso, bituminoso, de origen natural, inflamable, cuyo color varía de incoloro a negro. Consiste en una mezcla completa de hidrocarburos con pequeñas cantidades de otros compuestos (Real Academia de la Lengua Española, 2010). Este recurso natural se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre y se emplea como combustible y materia prima para la industria química. Siendo hoy, un producto esencial para muchas industrias y de vital importancia para el mantenimiento de la civilización industrializada, incluyendo para su uso, procesos globales como: exploración, extracción, refinación, transporte y mercadotecnia de productos del petróleo.

En Cuba el petróleo es extraído desde la década de 1980 por la Unión Cuba Petróleo (Cupet); la cual está formada por un sistema de 36 empresas encargadas de la prospección, exploración, desarrollo, explotación, refinación, operaciones y comercialización de petróleo crudo, gas natural y sus derivados. Hoy existen 24 yacimientos, 19 de ellos en explotación, ubicándose los más trascendentales en Boca de Jaruco, Puerto Escondido y Varadero; áreas que mayor importancia tienen en la extracción de petróleo crudo, localizada en la zona de La Habana a Matanzas.

Entre las empresas pertenecientes a Cupet, que realizan las actividades de prospección y exploración, se destaca el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) que para el cumplimiento de su misión se encuentra dividido en dos áreas: área de exploración-producción y área industrial. En el área de exploración-producción se brindan varios servicios, entre los que se encuentran: estudio sedimentológico de pozos o cuencas, análisis petrofísicos de pozos,

análisis de petróleo, gas y agua en ensayo y explotación. En el área industrial se realizan los análisis de agua y de productos orgánicos e inorgánicos.

El proceso de análisis petrofísico de pozos, es realizado a partir de mediciones geofísicas llevadas a cabo mediante sondas que se bajan por dentro del caño (pozo), conectadas mediante un cable a una unidad de superficie (SCRIB, 2010). En esta se procesa la señal procedente del pozo; obteniéndose un fichero digital en formato LAS (*Log ASCII Standard*) que contiene información fidedigna de las características de las rocas que son atravesadas por el pozo.

La información contenida en el fichero LAS es analizada por los especialistas en petrofísica del CEINPET utilizando aplicaciones informáticas, que proporcionan mayor precisión y velocidad en el procesamiento. Estos sistemas facilitan la integración de los resultados con vistas a la realización de modelajes petrofísicos, simulaciones numéricas, estudios integrados de yacimientos y cálculos de reservas.

Actualmente en el CEINPET es usado el *Interactive Petrophysics* (IP), software privativo, desarrollado por la compañía Schlumberger, que le permite a los especialistas visualizar grandes volúmenes de datos para el análisis e interpretación de los registros de pozos (Senergy, 2012). Sin embargo; el uso del IP no es factible para el centro debido a su alto costo en el mercado, además su adquisición impone un pago adicional de licencia anual por cuestiones de uso, soporte, capacitación y actualización. Esta situación provoca que el centro no pueda adquirir dicho software para que la totalidad de sus especialistas lo utilicen, implicando que se acumule trabajo y se aumenten los costos operacionales en los pozos petroleros.

Para solucionar dicha situación, el CEINPET, de conjunto con el Centro de Informática Industrial (CEDIN) de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), desarrollan el Sistema de Análisis e Interpretación de Registros de Pozos (AnPer). El mismo se desarrolla utilizando tecnología libre; con esto, además de satisfacer las necesidades del CEINPET, se busca lograr la independencia tecnológica de Cuba en esta área.

El sistema AnPer aunque garantiza la gestión de los ficheros de registros de pozo, se encuentra en desventaja respecto a los sistemas informáticos existentes en el proceso de análisis petrofísico, ya que no cuenta con una interfaz gráfica que muestre el contenido de estos ficheros de registro de pozo. Ficheros que debido a su extensión hacen prácticamente imposible que el análisis de la información contenida en ellos pueda ser realizado por los especialistas directamente en un editor de textos convencional. Es por ello, que los procesos de análisis y evaluación petrofísicos de pozos, se tornan engorrosos para ficheros de grandes volúmenes de datos. Dificultad que provoca, demora en la toma de decisiones y errores humanos en el análisis de la información respecto al pozo de petróleo. Impidiendo estimar con precisión, si es factible explotar el pozo de petróleo, la cantidad de fluidos que este presenta, la

profundidad a la que se encuentra el yacimiento petrolero, y las características de las formaciones atravesadas por el pozo.

Materiales y métodos

Conceptos asociados al objeto de estudio

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos naturales que comprenden hidrógeno y carbono. Estos compuestos pueden ser tan simples como el metano, pero muchos son, moléculas altamente complejas, y pueden estar en estado gaseoso, líquido o sólido. Las moléculas pueden tener la forma de cadenas, cadenas ramificadas, anillos u otras estructuras (HispaNetwork, 2007).

Los hidrocarburos se clasifican en dos grupos principales, los de cadenas abiertas y los cíclicos. En los compuestos de cadena abierta que contienen más de un átomo de carbono; los átomos de carbono están unidos entre sí, formando una cadena lineal que puede tener una o más ramificaciones. En los compuestos cíclicos, los átomos de carbono forman uno o más anillos cerrados. Los dos grupos principales se subdividen según su comportamiento químico en saturados e insaturados. Los hidrocarburos saturados de cadena abierta forman un grupo homólogo denominado alcanos o parafinas. El petróleo contiene una gran variedad de hidrocarburos saturados, y los productos derivados del petróleo como la gasolina, el aceite combustible, los aceites lubricantes (HispaNetwork, 2007).

La palabra petróleo viene del latín *petra* (piedra) y *óleo* (aceite); significa aceite de piedra. Es un líquido oleoso, más ligero que el agua, que se encuentra en su estado natural, formando a veces grandes manantiales en las capas superiores de la corteza terrestre. El petróleo tal y como lo conocemos, es una mezcla compleja de hidrocarburos (HispaNetwork, 2007). Este recurso natural es de origen orgánico y constituye la principal fuente de energía en la mayoría de los países del mundo. Su origen viene a través de la descomposición de organismos animales y vegetales que se sedimentaron en los fondos de los mares, lagos y pantanos, formando un yacimiento de petróleo.

El yacimiento de petróleo es un cuerpo rocoso subterráneo que tiene porosidad y permeabilidad suficiente para almacenar y transmitir fluidos (Schlumberger, 2009). Es decir, es una acumulación natural de hidrocarburos en el subsuelo, contenido en rocas porosas o fracturadas (roca almacén).

La formación de los yacimientos de petróleo o gas requieren de cuatro etapas en su evolución diagenética dentro de la cuenca sedimentaria: sedimentos estratificados, presión y temperatura, migración de los hidrocarburos desde la fuente (roca madre) hasta una zona porosa (roca almacén) y ser retenidos por rocas impermeables (trampa estratigráfica) (Pemex, 2012). Estos hidrocarburos como el petróleo depositados en los fondos de mares y lagos; que son ricos en

materia orgánica, fruto de la actividad biológica; fueron enterrados por sucesivas capas de gran peso de sedimentos, por lo que para su extracción, es necesario perforar un pozo que permita conducir el petróleo hasta la superficie terrestre.

El pozo de petróleo es un orificio o túnel de disposición vertical que se perforará en la tierra hasta una determinada profundidad con el objetivo de hallar y extraer fluidos, ya sea petróleo o hidrocarburos gaseosos (Definición ABC, 2007). Para un mejor estudio del pozo es preciso obtener un registro o perfil del pozo.

El registro del pozo es una grabación contra profundidad de alguna de las características de las formaciones rocosas atravesadas, hechas por aparatos de medición (herramientas) en el hoyo del pozo (SCRIB, 2010), que son estudiadas y analizadas en la petrofísica para conocer más de su naturaleza.

La petrofísica estudia las propiedades físicas de los tipos de rocas. En el negocio de petróleo y gas, se ocupa del comportamiento de los fluidos (aceite, gas y agua) dentro de la roca, incluyendo la porosidad, la presión, la permeabilidad y la saturación (Urrea, 2012) haciendo uso de la información obtenida en los registros de pozos. Para estudiar dicha información de forma real y más intuitiva, los petrofísicos utilizan diferentes gráficas que faciliten el análisis de las propiedades físicas presentes en las rocas, con el apoyo de sistemas automatizados (software) para el análisis e interpretación de registros de pozos.

Una gráfica es una representación de datos, generalmente numéricos, mediante recursos gráficos (líneas, vectores, superficies o símbolos), para que se manifieste visualmente la relación matemática o correlación estadística que guardan entre sí. También puede ser un conjunto de puntos, que se plasman en coordenadas cartesianas, y sirven para analizar el comportamiento de un proceso, o un conjunto de elementos o signos que permiten la interpretación de un fenómeno. La representación gráfica permite establecer valores que no han sido obtenidos experimentalmente, sino mediante la interpolación (lectura entre puntos) y la extrapolación (valores fuera del intervalo experimental) (Ismael, 2011).

Soluciones de software analizadas

Techlog: plataforma de software enfocada a proveer soluciones y crear flujos de trabajos relacionados con la información del pozo, sin importar la dimensión y dominio técnico, en colaboración con las diferentes disciplinas. *Techlog* está diseñado para ejecutarse en sistema operativo *Windows* y fue desarrollado por la compañía Schlumberger utilizando los lenguajes de programación *C++* y *Python*. Además, en su construcción son empleadas las bibliotecas *Qt*. Esta plataforma permite acceder a datos provenientes de núcleos, registros, imágenes, fluidos entre otros, posibilitando tanto a geofísicos, geólogos y petrofísicos visualizar, analizar, interpretar y editar los datos del

pozo en una sola plataforma de software. *Techlog* incorpora además, varios módulos de visualización tanto en 2D como en 3D y una colección extensa de módulos para la interpretación. Requiriendo para su uso de una licencia propietaria, y se recomienda para su buen funcionamiento, 16.0GB de Memoria RAM y un procesador de 8*2.6GHz.

Interactive Petrophysics (IP): software para el análisis e interpretación de registros de pozos, ideal tanto para geólogos como petrofísicos. Está diseñado para ejecutarse en sistema operativo *Windows* y fue desarrollado empleando el framework de desarrollo *.NET* por la compañía *Senergy*. Este sistema brinda una variedad de funcionalidades para el análisis petrofísico entre las que se destacan: visualizar la información en varias vistas como: histogramas, *crossplot* y pistas, procesamiento de registro de imagen y un módulo de análisis, que cubre por completo el flujo de trabajo de procesamiento de datos, para el análisis estadístico de los resultados. Además, permite la ejecución de programas de usuario y la estimación de propiedades petrofísicas a partir de interpretaciones. “Su principal funcionalidad es el motor de interpretación gráfica, que permite al usuario realizar una rápida interpretación de múltiples zonas, mediante el ajuste de parámetros en gráficos de registro, *crossplots* e histogramas” (Senergy, 2008). IP requiere para su uso de una licencia propietaria, y se recomienda para su buen funcionamiento, 1.0GB de Memoria RAM y un procesador de doble núcleo con 2.6GHz.

Petrolog: software especializado en la información del registro de pozo, y en el análisis de esta información, mediante imágenes que permitan realizar muchas de las tareas asociadas a la gestión y evaluación de los datos de registros de pozos. *Petrolog* está diseñado para ejecutarse en sistema operativo *Windows* y fue desarrollado empleando el framework de desarrollo *.NET* utilizando lenguaje *C#*. Este sistema brinda una variedad de funcionalidades para el análisis petrofísico como son gestión de datos discretos, editor gráfico, minería de datos, procesamiento de múltiples capas, análisis de vistas rápidas (*Quicklook*), análisis de múltiples minerales, análisis de Redes Neuronales, y gráficos para todos los tipos de registros: histogramas, diagramas cruzados (2D y 3D) y proyecciones estereográficas. *Petrolog* requiere para su uso de una licencia propietaria y se recomienda para su buen funcionamiento, 2.0GB de Memoria RAM y un procesador Intel 3.2 GHz.

Métodos Teóricos:

Análítico-Sintético: Se utilizó para analizar teorías y elementos bibliográficos relacionados con la visualización de la información contenida en los ficheros de registros de pozo, permitiendo la extracción de los elementos más importantes que dan inicio a la investigación.

Modelación: Fue utilizado para representar gráficamente los conceptos presentes en la visualización de la información contenida en los ficheros de registros de pozos de petróleo, así como para dejar documentado de manera gráfica la

solución que se propone.

Métodos Empíricos:

Entrevista: Fue usado para entrevistar a los especialistas del CEINPET con conocimientos sobre el tema, y poder así determinar deficiencias y necesidades en la visualización de la información.

Observación: Se empleó para estudiar las características y comportamientos de las soluciones similares, permitiendo obtener toda la información referente a la visualización de la información.

Metodología de desarrollo RUP (Proceso Unificado de Desarrollo)

Es una metodología tradicional de desarrollo de software guiado por los casos de uso, centrado en la arquitectura, iterativo e incremental diseñado como un marco para los métodos y herramientas de UML. El Proceso Unificado de Desarrollo define cuatro fases (Jacobson, et al., 2000):

- Inicio que abarca la comunicación con el cliente y las actividades de planeación, destacándose el refinamiento y desarrollo de los casos de uso como un modelo primario.
- Elaboración que abarca la comunicación con el cliente y las actividades de modelado con un enfoque en la creación de modelos de análisis y diseño, con énfasis en las definiciones de clase y representaciones arquitectónicas.
- Construcción que refina y después traduce el modelo de diseño en componentes de software implementados.
- Transición que transfiere el software del desarrollador al usuario final para realizar las pruebas y obtener la aceptación.

RUP define nueve disciplinas a realizar en cada fase del proyecto, entre las que se encuentra seis de procesos como son: Modelado del negocio, Análisis de requisitos, Análisis y Diseño, Implementación, Prueba y Despliegue. Además, cuenta con tres de soporte entre las que está Gestión de configuración y cambios, Gestión del proyecto y Gestión del entorno. En esta metodología se define claramente quién, cómo, cuándo y qué debe hacerse en el proyecto.

Características principales de RUP:

- Unifica los mejores elementos de metodologías existentes.
- Preparado para desarrollar grandes y complejos proyectos.
- Orientado a Objetos.

- Utiliza el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) como lenguaje de representación visual.

Lenguaje Unificado de Modelado (UML)

UML es un lenguaje estándar de modelado visual que se usa para especificar, construir, documentar y visualizar artefactos de un sistema de software. UML permite a los desarrolladores visualizar el resultado de su trabajo en esquemas o diagramas estandarizados (Pressman, 2007). Por ejemplo, símbolos o íconos característicos utilizados para capturar los requisitos. Estos íconos no son más que una notación gráfica, es decir, una síntesis; sin embargo detrás de esta notación gráfica, UML especifica un significado, es decir, una semántica.

Dicho lenguaje proporciona un vocabulario que incluye tres categorías: elementos, relaciones y diagramas, conteniendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocios, funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizables.

Visual Paradigm

Herramienta *CASE* (*Computer Aided Software Engineering*) que propicia un conjunto de ayudas para el desarrollo de programas informáticos dando soporte al modelado visual con UML (*Unified Modeling Language*), desde la planificación, pasando por el análisis y el diseño, hasta la generación del código fuente de los programas y la documentación (Lopez, 2012).

Visual Paradigm ofrece:

- Entorno de creación de modelos conformes a UML.
- Diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio que generan un software de mayor calidad.
- Capacidades de ingeniería directa (versión profesional) e inversa.
- Modelo y código que permanece sincronizado en todo el ciclo de desarrollo.
- Disponibilidad de múltiples versiones, para cada necesidad.
- Disponibilidad de integrarse en los principales Entornos de Desarrollo Integrado (IDE).
- Disponibilidad en múltiples plataformas.
- Extensible mediante desarrollo de nuevos Módulos (*plug-ins*).

Lenguaje de programación C++:

C++ es un lenguaje imperativo, orientado a objetos, derivado de C. Al igual que C; C++ está muy ligado al hardware subyacente, manteniendo una considerable potencia para la programación a bajo nivel; pero se le han añadido elementos que permiten también un estilo de programación con alto nivel de abstracción. Debido a esto; C++ brinda la posibilidad de crear clases, plantillas, sistema de espacios de nombres y funciones en línea, posee un mecanismo para el manejo de excepciones, permite la sobrecarga de operadores y utiliza operadores para el manejo de memoria. Este lenguaje de programación esta estandarizado por la Organización Internacional de Estándares (ISO) y cuenta con una biblioteca estándar de alta calidad (Stroustrup, 2013).

Framework (marco de trabajo) de desarrollo:

Qt es un *framework* multiplataforma, que se utiliza para el desarrollo de aplicaciones, está escrito en C++; sin embargo, es posible utilizarlo con otros lenguajes como C#, PHP, Python, y Ruby. Qt ofrece bibliotecas de código para: creación de interfaces gráficas de usuario, acceso a bases de datos, manipulación de contenido XML (*eXtensible Markup Language*), comunicación en red, visualización con OpenGL, entre otras. Además; extiende el lenguaje de programación C++, a través de macros y meta-información, agregando nuevas características como: el bucle *foreach*, la sentencia *forever* e introspección (Digia, 2012).

Biblioteca Gráfica:

Qwt es una biblioteca de código abierto y multiplataforma que extiende las funcionalidades que provee el Módulo QtGui del *framework* Qt. Esta biblioteca provee un conjunto de componentes gráficos así como clases técnicas que se utilizan para crear aplicaciones que requieren la visualización de información en forma de gráficos. Qwt también proporciona diferentes tipos de componentes para interactuar con la aplicación como: escalas, termómetros y ruedas (Qwt Team, 2007).

Resultados y discusión

Con el desarrollo de la presente investigación científica, se obtuvo el módulo de visualización en estado funcional, integrado al sistema AnPer, permitiéndole a los especialistas en petrofísica, analizar y evaluar la información de los registros contenidos en el ficheros LAS, mediante la visualización de los tres componentes que a continuación se describen:

El componente Visualizador de Pistas (figura 1) le permite a los petrofísicos visualizar (en una determinada pista) la información de los registros contenidos en el ficheros LAS en forma de curvas. Además, este componente le brinda la

posibilidad a los especialistas de realizar un análisis exhaustivo de los registros del pozo, mediante la identificación de intervalos de interés, el sombreado con determinada textura de una región entre dos curvas y la realización de anotaciones sobre las gráficas con las conclusiones del análisis de las mismas.

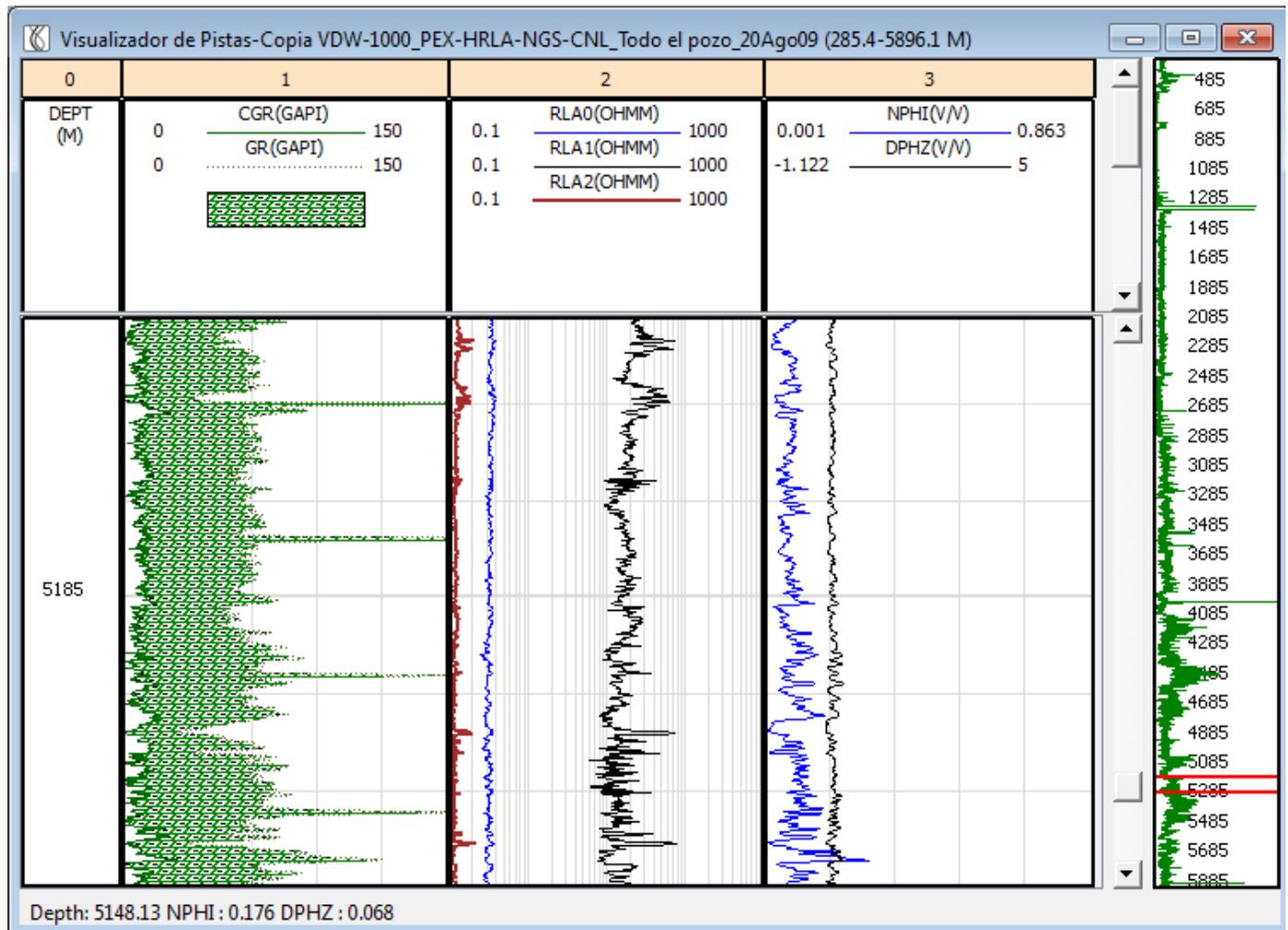


Figura 1. Vista del componente de Visualizador de Pistas.

Para el desarrollo del componente de gráficas de pistas se hizo necesaria la utilización del patrón de diseño *workerthread* (figura 2) para renderizar las gráficas en hilos de ejecución separados del hilo de ejecución principal de la aplicación ya que este componente debe ser capaz de visualizar cantidades de puntos en el orden de 10^6 y debe tener tiempos de respuesta menores a 1500 ms. Además del patrón mencionado anteriormente fue necesario emplear de manera conjunta el patrón Visitante (Gamma, et al., 2008) para separar la implementación de los eventos de dibujado y mouse de las clases que contienen los datos que son visualizados en las gráficas. El empleo de los patrones

mencionados anteriormente permitió darle respuesta a los requerimientos no funcionales de rendimiento del módulo y al mismo tiempo obtener una base de código escalable y a la que se le puede dar mantenimiento de manera más fácil.

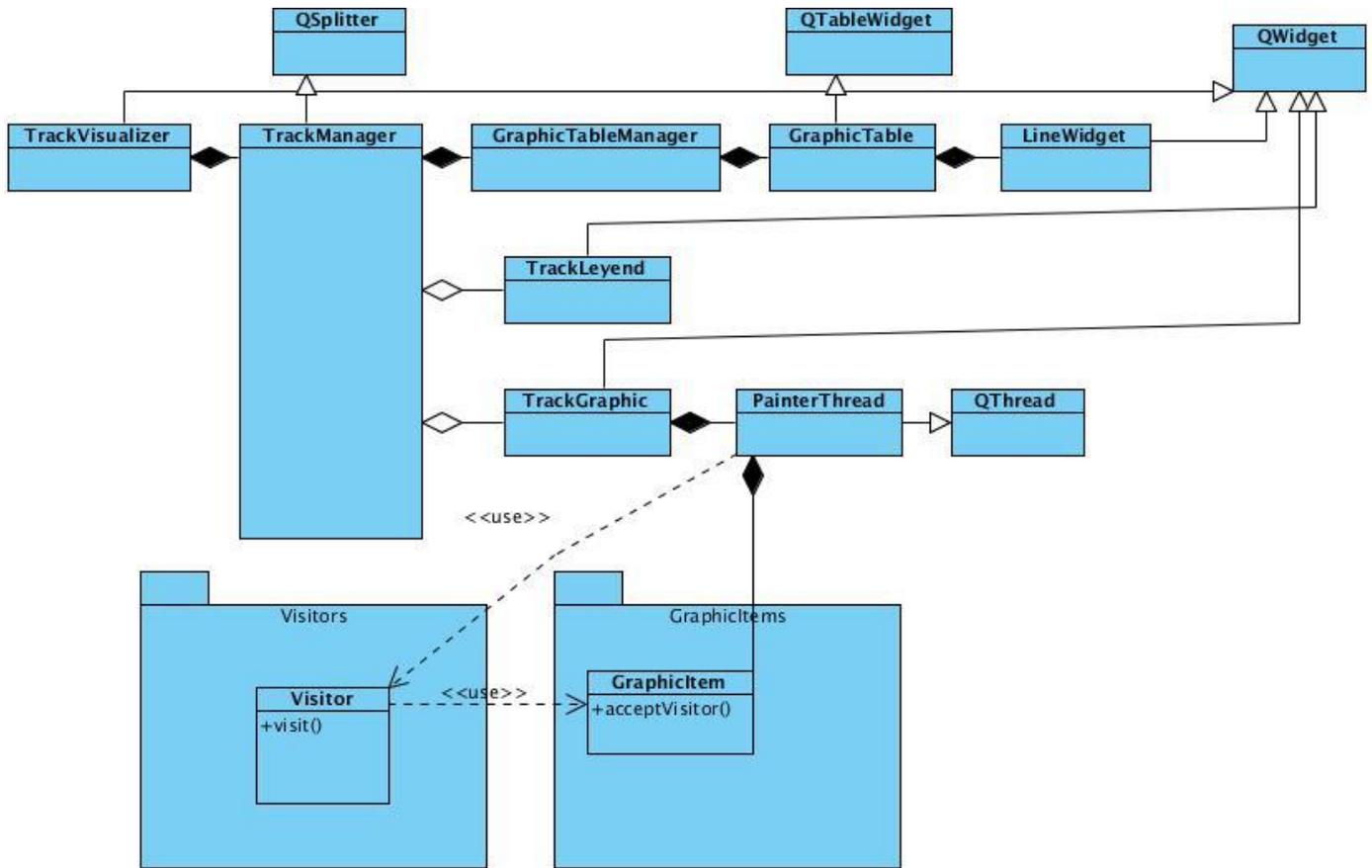


Figura 2. Diagrama de clases del diseño del componente de gráficas de pistas.

El componente Histograma (figura 3) le posibilita al petrofísico visualizar la información estadística de los registros de pozo que se encuentran en el ficheros LAS. Este componente es capaz de brindar una representación de la información de los registros en curvas estadísticas como son: campana de Gauss, media, frecuencia acumulada (por % o absoluta) y desviación típica.

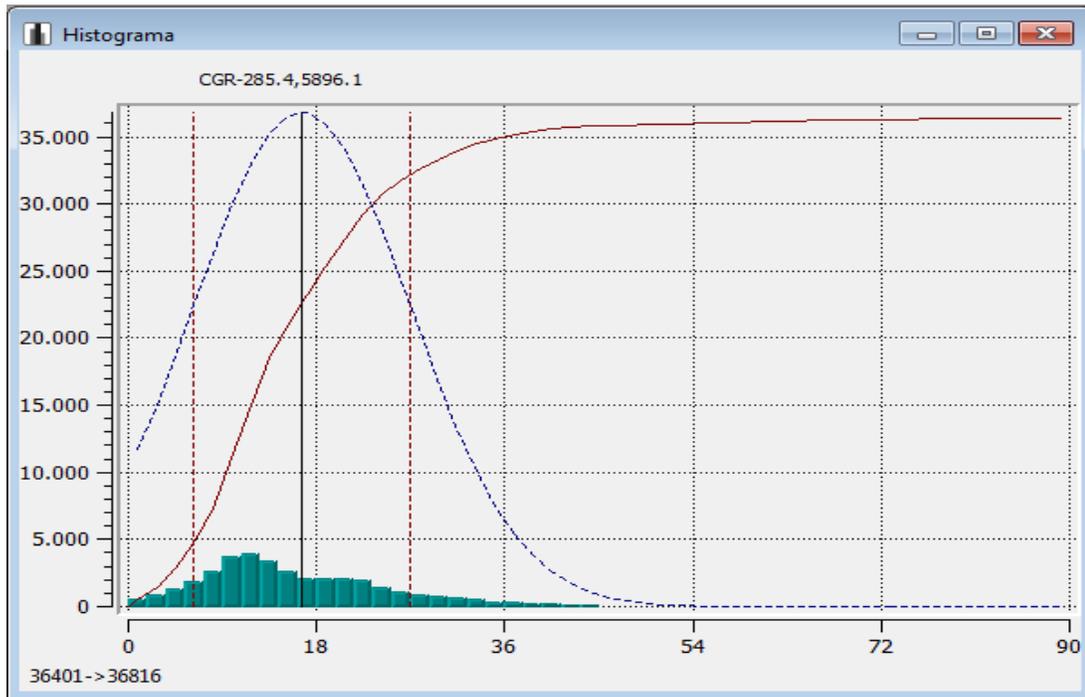


Figura 3. Vista del componente histogramas.

El componente *CrossPlot* (figura 4) permite a los especialistas analizar relaciones no lineales entre dos a cuatro registros de pozo, mediante la visualización de gráficas de puntos. La gráfica de puntos representa mediante un punto la intersección de la información contenida en los dos primeros registros; la información del tercer registro se representa a través de colores y el cuarto es mostrado mediante símbolos, facilitando con esto una mejor evaluación del fichero LAS. Este componente además, permite superponer al gráfico patrones para obtener resultados de interpretación importantes en el análisis de la información contenida en los ficheros LAS.

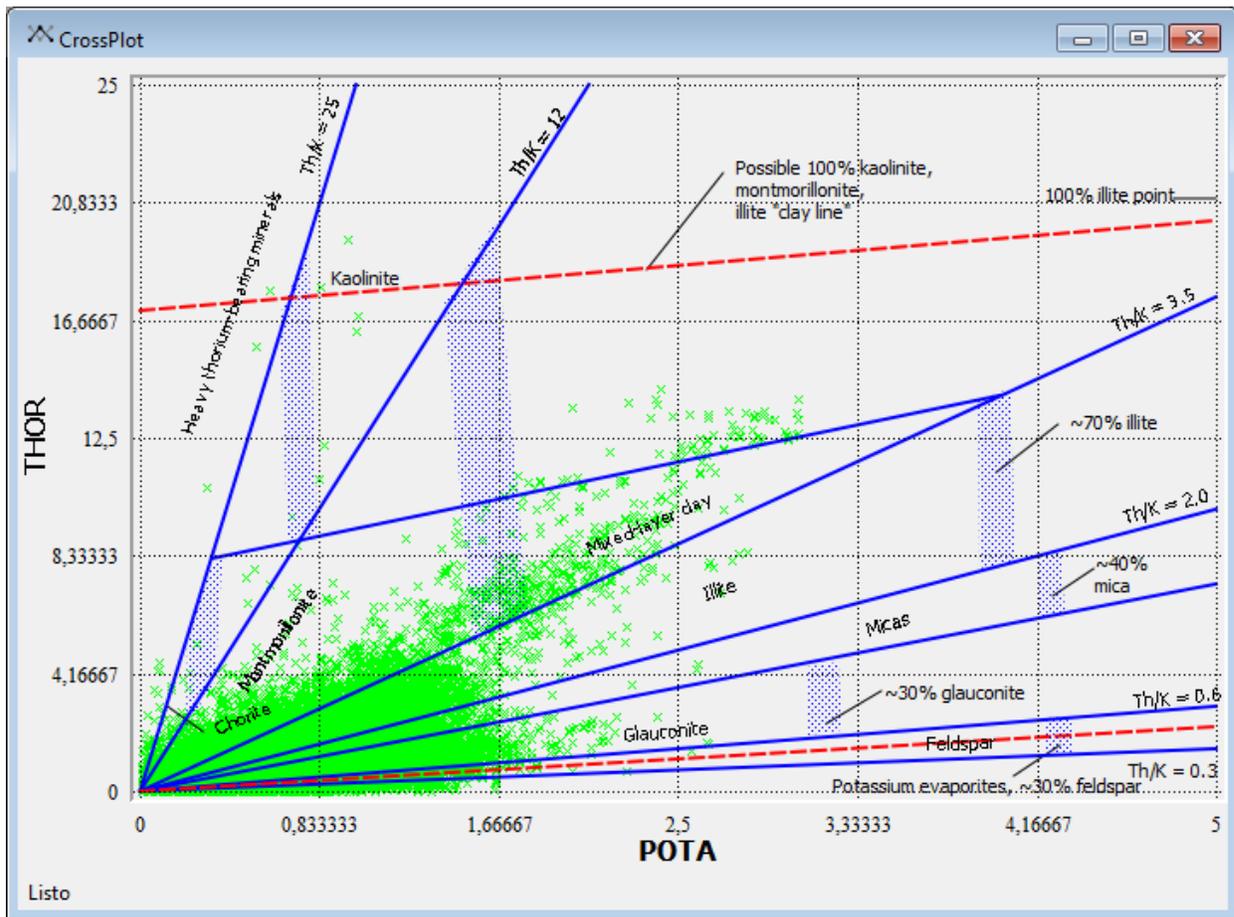


Figura 4. Vista del componente *CrossPlot*.

Todos los componentes que componen el módulo son capaces de exportar plantillas con el formato de los datos que están presentando las cuales pueden ser cargadas posteriormente para agilizar el trabajo. Además la información visual que estén mostrando los módulos en un determinado momento puede ser guardada en formato de imagen brindando la posibilidad de utilizarlas en la conformación de informes.

Beneficios del módulo propuesto

Una vez finalizada la exposición de los resultados obtenidos en la presente investigación, a continuación se enumeran los beneficios potenciales de la solución propuesta:

Ventajas de la solución propuesta:

- La solución propuesta es multiplataforma, ha sido probada en *Windows* y *GNU/Linux*.

- El módulo está desarrollado empleando herramientas y tecnologías libres lo cual permite que su uso y desarrollo no requiera pago de licencias.
- La integración del módulo en el sistema AnPer permite que el mismo pueda ser utilizado para el análisis de la información contenida en los registros de pozo de petróleo, haciendo que este sistema sea más competitivo frente a otras soluciones informáticas similares.

Conclusiones

Con el desarrollo del presente trabajo, se logró desarrollar un módulo de visualización de la información contenida en los registros de pozos de petróleo, para el Sistema AnPer, empleando herramientas y tecnologías libres; lo cual contribuye a alcanzar la soberanía tecnológica del país. Durante el proceso de desarrollo de la presente investigación el uso de la metodología de desarrollo RUP, permitió contar con una extensa documentación sobre las funcionalidades que brinda el módulo. Además, el uso de la biblioteca Qt y de un estilo de programación orientado a componentes permitió que los componentes desarrollados como parte del presente trabajo puedan ser reutilizados en la construcción de aplicaciones con características similares. El módulo posibilita la visualización de grandes volúmenes de datos, que es un problema muy frecuente en aplicaciones que le dan respuesta a la industria petrolera, contribuyendo así a ampliar los conocimientos científicos en esta área.

Referencias

- DEFINICIÓN ABC. 2007. Definición ABC. *Definición ABC*. [en línea] Definición ABC, febrero 23, 2007. [Consultado el: diciembre 10, 2013]. Disponible en: [<http://www.definicionabc.com/general/pozo.php>].
- DIGIA. 2012. acerca de Qt. *Qt*. [en línea] Digia, febrero 25, 2012. [Consultado el: octubre 3, 2013]. Disponible en: [<http://qt.digia.com/Product/>].
- GAMMA, E, et al. 2008. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Boston: Addison-Wesley, 2008. ISBN: 0-201-63361-2.
- HISPANETWORK. 2007. Glosario.net. *Glosario.net*. [en línea] HispaNetwork, enero 8, 2007. [Consultado el: diciembre 12, 2013]. Disponible en: [<http://ciencia.glosario.net/ecotropia/hidrocarburos-9340.html>].
- ISMAEL. 2011. Matemáticas 1° ESO. *Matemáticas 1° ESO*. [en línea] junio 3, 2011. [Consultado el: noviembre 25, 2013]. Disponible en: [<http://www.matematicas.isdata.es/index.php/graficos>].
- JACOBSON, I, BOOCH, G AND RUMBAUGH, J. 2000. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Madrid : Addison-Wesley, 2000. pp. 407-418. ISBN: 84-7829-036-2.

- LÓPEZ, M. 2012. CTR-UC. *CTR-UC*. [en línea] octubre 30, 2012. [Consultado el: diciembre 13, 2013]. Disponible en: [http://www.ctr.unican.es/asignaturas/is1/is1-p01-trans01_s1&s2.pdf].
- PEMEX. 2012. Instituto Politécnico Nacional México. *Instituto Politécnico Nacional México*. [en línea] julio 20, 2012. [Consultado el: diciembre 9, 2013]. Disponible en: [http://www.esiatic.ipn.mx/Documents/Geociencias2011/Presentaciones/RNE13_23nov_Rios.pdf].
- PRESSMAN, R. 2007. *Ingeniería de Software un Enfoque Práctico*. s.l. : McGraw-Hill, 2007. ISBN: 978-0-07-337597-7.
- QWT TEAM. 2007. SourceForge. *SourceForge*. [en línea] SourceForge, mayo 15, 2007. [Consultado el: noviembre 24, 2013]. Disponible en: [<http://qwt.sourceforge.net/>].
- REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. 2010. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. [en línea] Real Academia de la Lengua Española, octubre 20, 2010. [Consultado el: diciembre 12, 2013]. Disponible en: [<http://lema.rae.es/drae/?val=petroleo>].
- SCHLUMBERGER. 2009. *Oilfield Review*. texas : Schlumberger, 2009.
- SCRIB. 2010. Registro o Perfilaje de Pozos. [en línea] SCRIB, octubre 12, 2010. [Consultado el: diciembre 2, 2013]. Disponible en: [<http://es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos>].
- SENERGY. 2012. IP. [en línea] octubre 20, 2012. [Consultado el: diciembre 6, 2013]. Disponible en: [http://www.senergyworld.com/SENERGYWORLD/media/Senergy/Software/ip/32042_IP_Brochure_A4_med.pdf].
- STROUSTRUP, B. 2013. *The C++ Programming Language*. New York : Addison-Wesley, 2013. pp. 13-16. ISBN 978-0321563842.
- URREA, C. 2012. Petrofísica. [en línea] septiembre 12, 2012. [Consultado el: noviembre 21, 2013]. Disponible en: [<http://www.planetseed.com/es/node/49984>].