

SISTEMA EXPERTO PARA EL DISEÑO DE LA PERFORACIÓN DE POZOS (SEDIPP v2.0)

Autores: Jesús Martín Valenzuela Cázares, Roberto Castillo Durán, Ricardo Ramírez Lara, Epitacio Solís Fuentes, Alejandro Pérez Melgarejo

Resumen.

Se presenta un sistema Experto para Diseño de la Perforación de Pozos, que permite transferir información desde y hacia la base de datos oficial de Perforación (SIOP), además de alimentar con la información existente en esta base de datos, a programas de ingeniería (cálculo de geopresiones, diseño de TR's, proyecto direccional, etc.).

Cuenta con una base de conocimiento para determinación de profundidades de asentamiento de TR's en base a problemas de pozos de correlación y las acciones tomadas para solucionarlos. También dispone de un árbol de decisión para selección de diámetro de barrenas y tuberías de revestimiento. Para realizar el Sistema se realizó un convenio de cooperación con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, obteniéndose un equipo de trabajo completo, flexible y de alta calidad, compuesto por especialistas en programación, programación experta, bases de datos y redes. El sistema optimiza el manejo de información impactando la calidad de la planeación y diseño del pozo, mejorando así los resultados operativos.

Introducción.

La evolución de la tecnología informática (hardware y software) y de comunicaciones en los últimos años, permite reproducir en medios magnéticos los procesos de ingeniería relacionados con la perforación de pozos, con el propósito optimizar el uso del recurso humano maximizando sus habilidades de análisis, al reemplazar con programas de cómputo la realización de tareas necesarias pero desgastantes por su naturaleza de búsqueda y acomodo de información, mismas que en condiciones normales consumen del 60 al 80 % del tiempo total del ingeniero en los subprocesos de planeación y diseño de la perforación del pozo.

Hablando de programas de cómputo para en este propósito, la programación convencional ofrece soluciones que consumen demasiados recursos tanto de hardware como de software, siendo la Inteligencia Artificial en su modalidad de Sistemas Expertos la mejor solución dado que el tipo de problemas a resolver requieren de un grado mínimo de conocimiento y experiencia, lo que puede programarse perfectamente con las herramientas que esta disciplina ofrece.

Todo sistema requiere de datos para su trabajo y un ambiente de transferencia de datos que soporte la carga que esto significa. Es estos dos puntos, la UPMP cuenta con los más recientes avances ya bases de datos en ambientes

Análisis del proceso de perforación.

De manera general, el proceso de perforación de pozos está compuesto de los subprocesos de planeación, diseño y operación, cada uno de los cuáles presentan áreas de oportunidad para su mejora y optimización, y que además están interrelacionados de modo que la experiencia obtenida en la operación puede y debe usarse para la planeación y diseño de los siguientes pozos. Sin embargo ésta experiencia debe procesarse con recursos técnicos de calidad, basados en conocimiento que permita obtener soluciones consistentes a los problemas, lo que redundará en establecer un control completo sobre el proceso de perforación y a su vez permitirá reflejar esto en el abatimiento del costo de la perforación.

Análisis del los subprocesos de planeación y diseño.

De lo anterior, es necesario analizar a mayor detalle los subprocesos de planeación y diseño para mejorar su impacto en la operación, trabajando en las grandes áreas de oportunidad que existen, tanto en la **forma** (ejemplo: expedientes de pozos en archiveros, trabajo en papel, archivos personales ó estandarizados a nivel local ya sea de excel, freelance, powerpoint, falta de información tanto de la perforación como de otras fuentes importante, como geología, geofísica, producción, exploración, experiencias no registradas, uso parcial de bases de datos, etc.), como en el **fondo** de estos subprocesos (ejemplo: necesidad de conocimiento profundo de propiedades de roca, como las mecánicas, geofísicas, fisicoquímicas; fenómenos de fondo de pozo que ocurren al perforar, modelos que representen tanto a estas propiedades y fenómenos como la relación entre ellos y su efecto en las condiciones de los pozos, etc.).

Detección de áreas de oportunidad en la planeación y diseño del pozo.

Se integró un equipo de ingenieros de perforación, y revisando los subprocesos de planeación y diseño, se encontró que :

- 1.- La calidad del diseño del pozo depende del ingeniero que lo realice, tanto por la actitud como por la aptitud de este.
- 2.- Existe una gran variación de los pozos a perforar, ya que las variaciones del movimiento de equipos en un año son a veces radicales, haciendo que los diseños se realicen con premura.
- 3.- Si tomamos el punto anterior como una condición ambiental que no podemos cambiar, ya que la negociación de la estabilización de nuestro mercado (movimiento de equipos) es una función gerencial la cual no se puede impactar por parte de los ingenieros de diseño, entonces debemos desarrollar la habilidad (manual ó automatizada) de diseñar pozo de prisa y con calidad.

4.- La mayoría de los problemas que ocurren en los pozos no están debidamente analizados, por lo que generalmente se tiene un esquema más empírico que científico y más casual que causal, de los problemas y sus explicaciones.

5.- Del tiempo que el Ingeniero dedica a la planeación y diseño del pozo, la mayor parte se invierte en buscar y acomodar información, de manera que efectivamente para analizar se dispone del mínimo de tiempo (aprox. 20 % del tiempo dedicado al diseño, 5% del tiempo total del ingeniero por que tiene otros compromisos y actividades).

6.- La calidad de la información es baja (la información con calidad debe ser: oportuna, completa, veraz y accesible en el momento que se requiera).

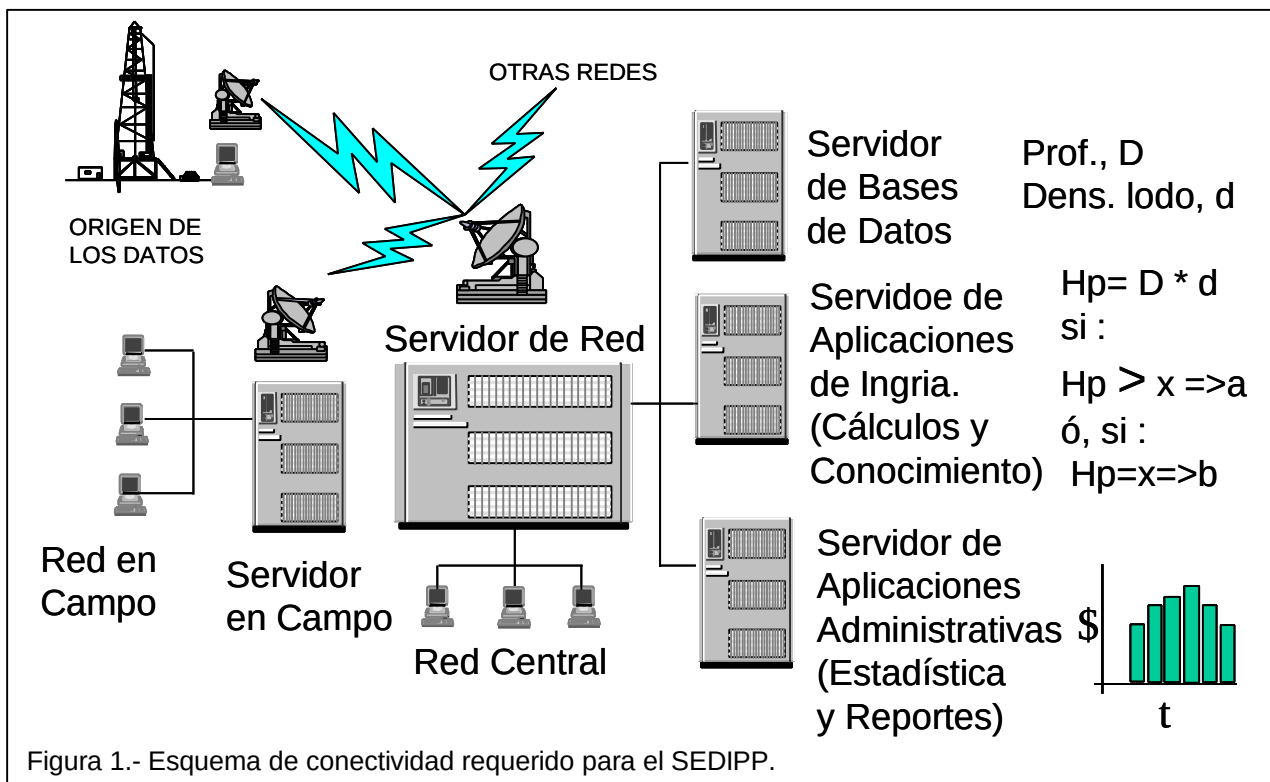
7.- Además de lo anterior, se analizó el proceso de perforación a través del análisis de las curvas de tiempo vs. Profundidad, encontrando lo que ya hemos visto en otras ocasiones, y de todo eso se tomaron las acciones para mejorar la calidad de las etapas de planeación y diseño, dando solución a cada punto de los anteriores. Se inició la difusión de conceptos científicos involucrados en la perforación y que hasta ese momento eran muy poco tomados en cuenta, como el conocimiento de la roca y sus propiedades, el conocimiento de los fenómenos de fondo de pozo, la adquisición de información, el procesamiento de esta, la participación en el desarrollo de soluciones científicas, etc.

El SEDIPP impacta varios de los puntos de arriba, por que:

- Reproduce de manera automatizada el subproceso de diseño y planeación del pozo, entregando como producto el programa detallado del pozo.
- Mejora la calidad de la información por que tiene conectividad entre bases de datos y programas de ingeniería.
- El Sistema funciona bajo plataforma windows (NT, 98 y 3.1) a 16 y 32 bits, con conectividad a la base de datos de SIOP en su versión Sybase.

Esquema de conectividad:

La Figura 1 ilustra el esquema de conectividad del SEDIPP. Se trata de capturar los datos en su punto de origen, y transferirlos a los diversos usuarios que lo requieran, todo de manera automática, sin manipulaciones. Este esquema se puede cumplir en aquellos pozos que dispongan de medios de comunicación para transmisión de datos. No se incluyen sistemas de datos a tiempo real, por tratarse de un sistema pensado para el diseño del pozo, etapa en la cual la información relevante es la ya generada en los pozos de correlación.



¿Qué es SEDIPP?

Sistema Experto para el Diseño de la Perforación de Pozos es un esfuerzo de la Unidad de Perforación y Mantenimiento de Pozos División Sur, para mejorar la Operación de perforación al apoyar las fases de Planeación y Diseño, mediante el manejo eficiente de información en aplicaciones de beneficio directo al trabajo de los ingenieros de Proyecto y de Diseño. Para esto, se optimiza el uso de los recursos informáticos existentes (redes, servidores, bases de datos, medios de comunicación, etc.), construyendo además una base de conocimiento para determinación de las profundidades de asentamiento de tuberías de revestimiento, e intercambiando con la Base de Datos del SIOP aquella información que se requiere para las aplicaciones de Ingeniería y para realizar el análisis integral del diseño del pozo.

Respuestas a posibles dudas sobre es SEDIPP y su desarrollo.

Es normal que los ingenieros que se dedican a las actividades petroleras no sean expertos o por lo menos conocedores de los conceptos técnicos de la informática al nivel que se requiere para entender una aplicación como esta, por lo que a continuación se explica de manera general algunos de estos conceptos :

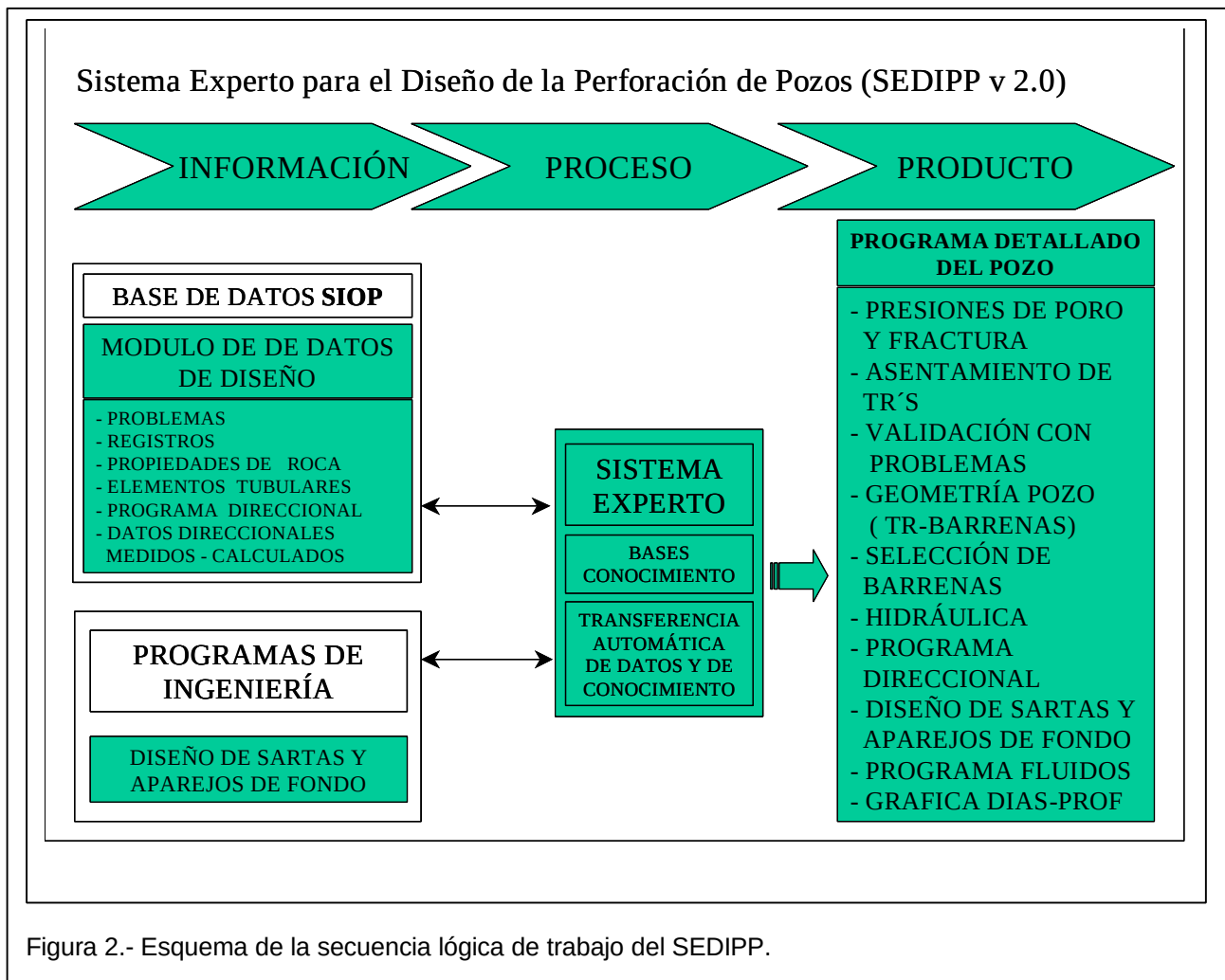
Inteligencia artificial.- Es la rama de la ciencia que genera algoritmos de razonamiento aplicables en una computadora, similares a los empleados por el razonamiento humano, empleando lenguajes especiales para su programación. Algunas de sus aplicaciones son los Sistemas Expertos, Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos, Lógica Difusa, etc.

Sistema Experto.- Es la Aplicación de la Inteligencia Artificial que permite alcanzar la solución o soluciones de un problema en base a deducción lógica, tal y como lo hace un experto en la materia. Requiere de una base de conocimiento y reglas para trabajar en una base heurística, es decir, de búsqueda. Es preferible usarlos en problemas que no tengan solución matemática directa (ecuación que los represente).

Con SEDIPP los Ingenieros de Diseño pueden:

1. Elevar la calidad de la Información al eliminar puntos de manipulación y con ello posibilidades de error.
2. Maximizar el tiempo disponible para el análisis del diseño, al eliminar la necesidad de búsqueda y acomodo de información y la carga de programas de ingeniería a través del teclado.
3. Por las dos razones anteriores eleva la calidad del análisis resultante, el cual permitirá al operativo tener mayores apoyos para el desarrollo de sus actividades, incrementando su eficiencia y calidad.
4. Observar los problemas presentados en los pozos de correlación así como su causa para tratar de evitar que se vuelvan a presentar en pozos futuros.
5. Generar programas detallados del pozo en diseño.

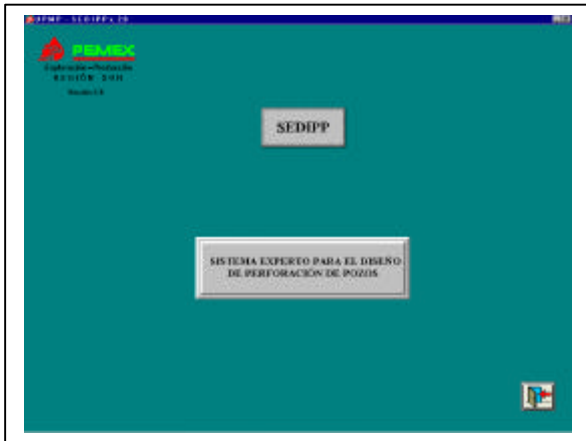
Las Figura 2 es un esquema de la secuencia lógica de trabajo del SEDIPP, en donde se muestran los subproductos que entrega.



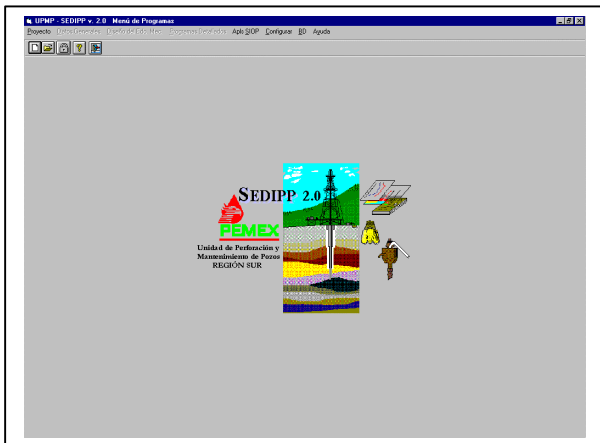
Secuencia de trabajo Real del SEDIPP

A continuación se ilustra con las pantallas reales más importantes del SEDIPP v 2.0, la secuencia de trabajo, en donde se reproduce el proceso de diseño, tal y como lo realizaría un experto, dando el suficiente soporte para que no se cometan los errores típicos de cuando se trabaja en medios convencionales. Los requisitos son que los datos básicos del pozo en diseño se encuentren en la base de datos, así como la información de los pozos de correlación.

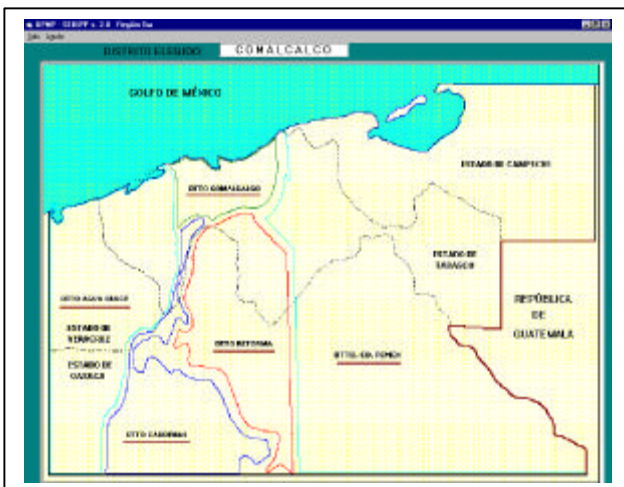
1.- Pantalla de presentación



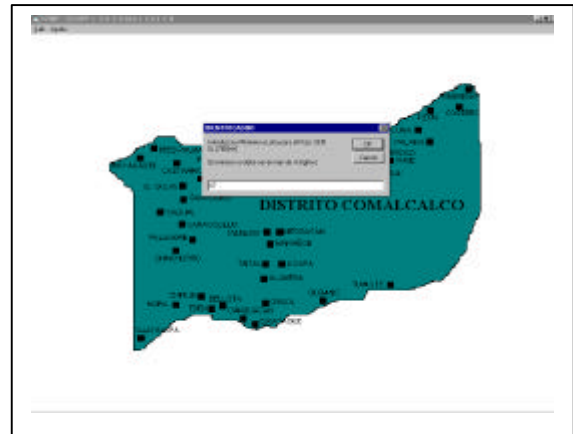
2.- El sistema puede iniciar el diseño de un pozo nuevo o continuar con alguno ya iniciado.



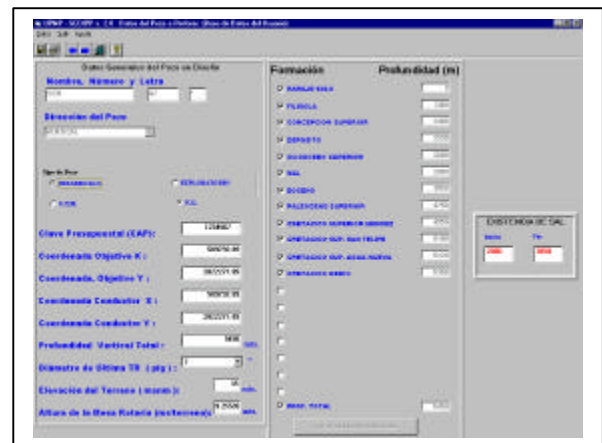
3.- Se realizó en un ambiente gráfico que representa la Región Sur de PEP. Aquí se selecciona la Unidad Operativa a la que pertenece el pozo



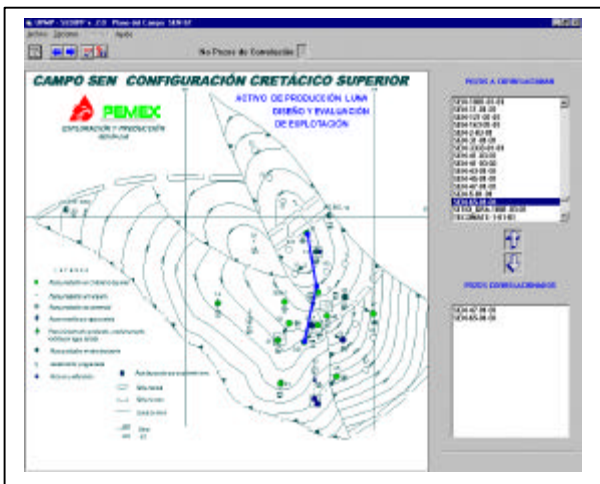
4.- Dentro del U. Operativa se selecciona el campo.



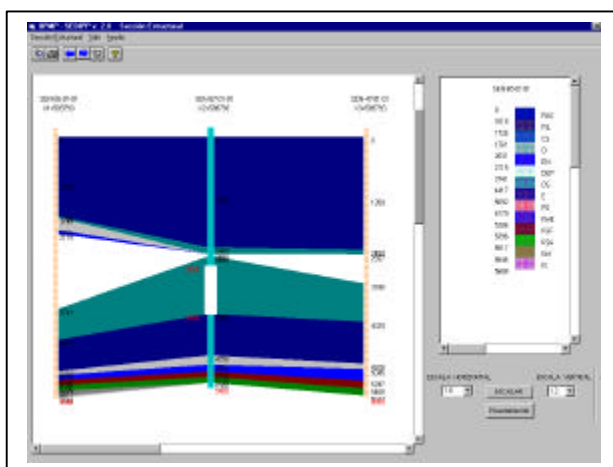
5.- La información básica (bases de usuario) deben ya estar cargadas en la base de datos de SIOP. Además, aquí el sistema detecta si el pozo que se va a diseñar es vertical o direccional. Por otro lado, se pueden diseñar pozos con objetivo terciario y mesozozico, correlacionados tanto con pozos del mismo campo como de otro campo, situación que se da en la realidad, para el caso de pozos exploratorios y pozos vecinos correlacionables.



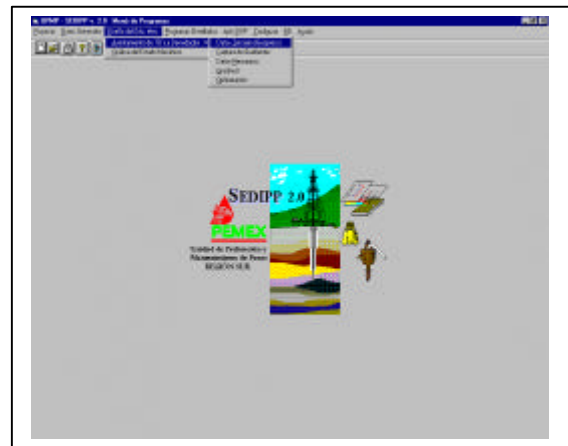
6.- Al seleccionar el campo, se tiene el sistema despliega un plano de este, para auxiliar la decisión de los pozos de correlación, al mismo tiempo se seleccionan de la base de datos de SIOP. También se construye una sección a diagramática a partir del plano y los datos de la base de datos, incluyendo los pozos de correlación y el pozo a diseñar.



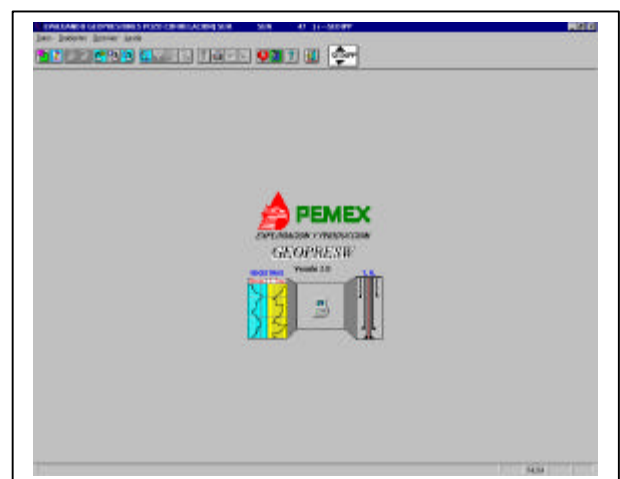
7.- La construcción de la sección diagramática es una tarea obligada para diseñar el pozo, siendo una de las de mayor utilidad y consumo de tiempo. Aquí se designan



8.- Construcción del perfil de geopresiones, para lo cual previamente se deben haber cargado los datos de registros de los pozos de correlación. Aquí el sistema ya sabe cuales son estos pozos, y transfiere los datos de resistividad, conductividad, tiempo de tránsito, etc. Hacia el programa GEOPREW, del IMP.



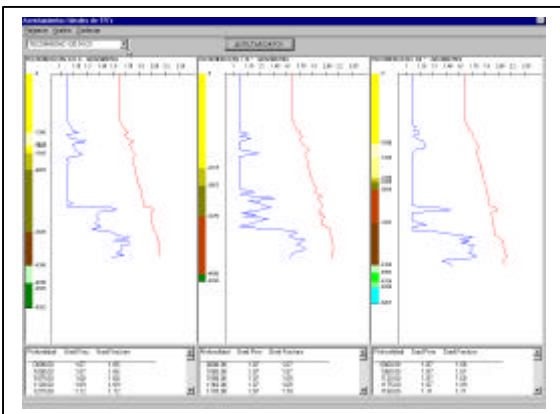
9.- El programa GEOPRESW recibe los datos que necesita para trabajar, el ingeniero no necesita ni ejecutarlo, ya que esto se hace automáticamente desde el SEDIPP, procediendo al cálculo de geopresiones para cada uno de los pozos de correlación.



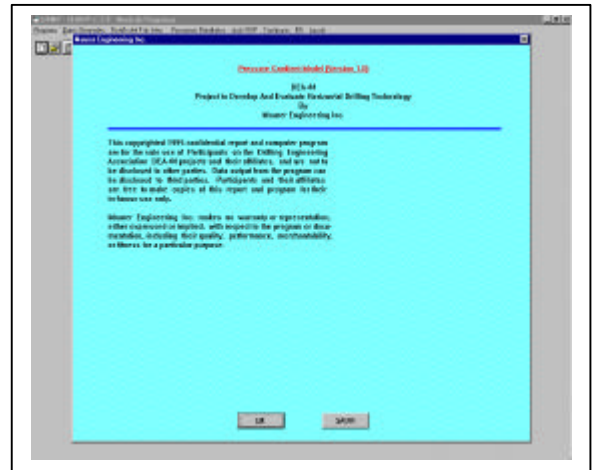
10.- Los métodos tradicionalmente usados son válidos sólo para rocas sedimentarias (lutitas), por lo que la información de geopresiones del mesozoico debe cargarse en esta pantalla.



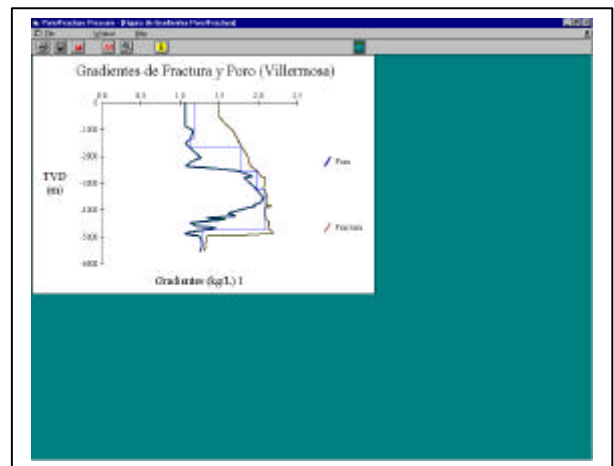
11.- El sistema ya está en condiciones de contruir los perfiles de geopresiones de los pozos de correlación.



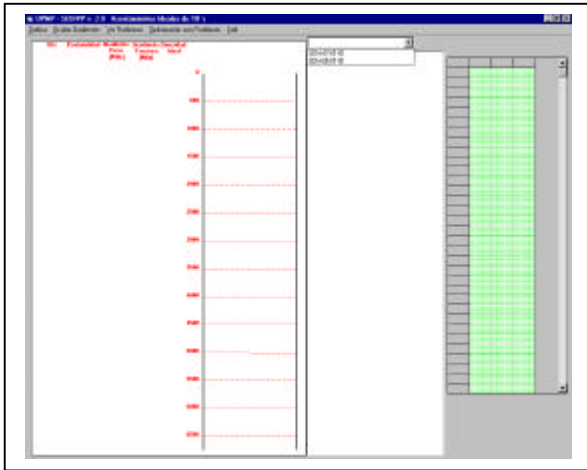
12.- Se continúa el proceso transfiriendo los datos de geopresiones al programa – GRADMOD, de la Cía. Maurer, quién permitió el uso de su código fuente para este proyecto. Se transfieren los datos de todos los pozos de correlación, para determinar el asentamiento de las tuberías de revestimiento.



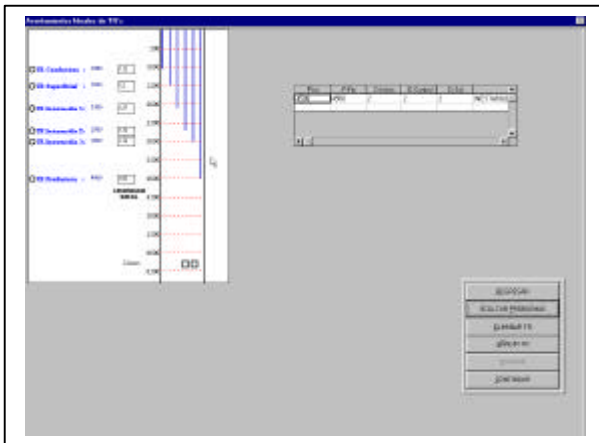
13.- Gradmod establece las profundidades de asentamiento, así como las máximas densidades que se podrán utilizar.



14.- Estos asentamiento son considerados ideales, ya que enseguida se toman en cuenta los problemas tenidos en los pozos de correlación y las densidades reales usados en ellos, para validarlos. Esta validación se hace de manera automática con Ika información previamente cargada en la aplicación de problemas que se verán más adelante, en donde se convierte la experiencia de los pozos de correlación en datos útiles para el diseño. La siguiente pantalla hace esto de manera automática.



15.- Enseguida se dan las opciones para modificar los asentamientos ideales en función del análisis realizado a los problemas. El sistema emite recomendaciones que pueden o no ser tomadas en cuenta por el usuario, según su experiencia.

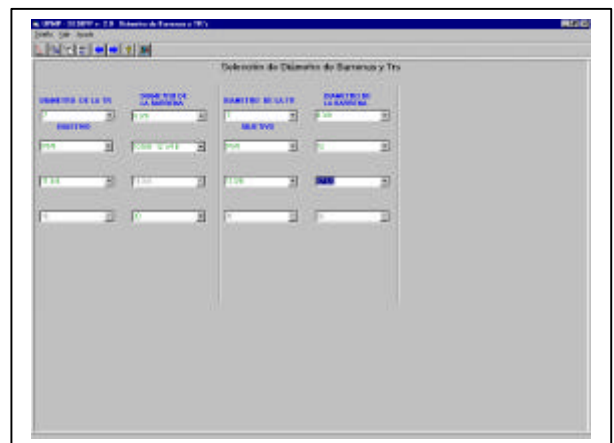


Hasta aquí se tienen los asentamientos óptimos en función de los cálculos y de los problemas tenidos en pozos de correlación. Ya se conoce cuántas tuberías de revestimiento requiere el pozo y a qué profundidad se asentarán, ahora se trabajará en el diseño dimensional del pozo.

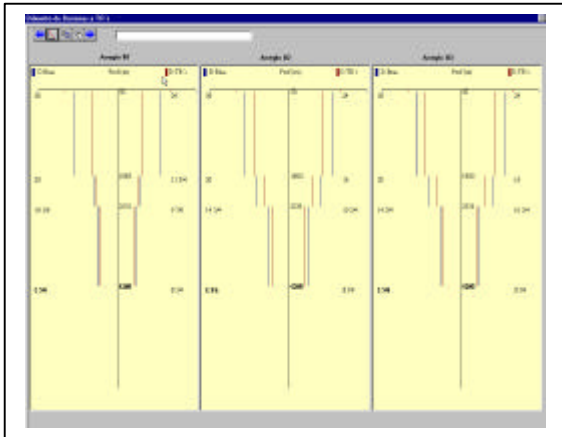
16.- Esta pantalla es el inicio de la secuencia de cálculo del diseño particularizado del pozo.



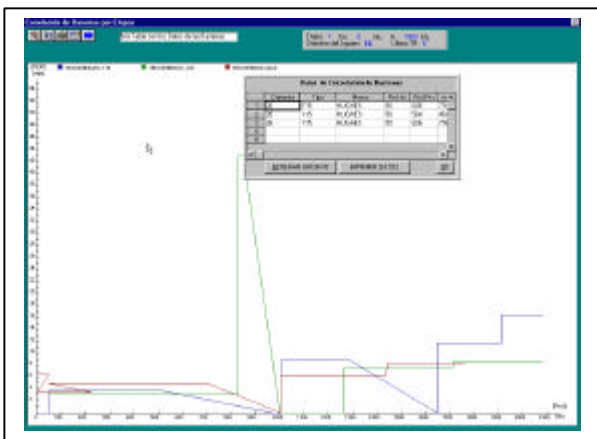
17.- Selección de la geometría del pozo. En esta parte se pueden analizar automáticamente las opciones de combinaciones de tr y diámetro de barrena que se pueden tener. Esta aplicación incluye diseños esbeltos, barrenas bicéntricas y grados y pesos de las tuberías de revestimiento. El sistema permite seleccionar hasta tres diseños simultáneos.



18.- Aquí se pueden visualizar los diseño y seleccionar el mejor para el caso.

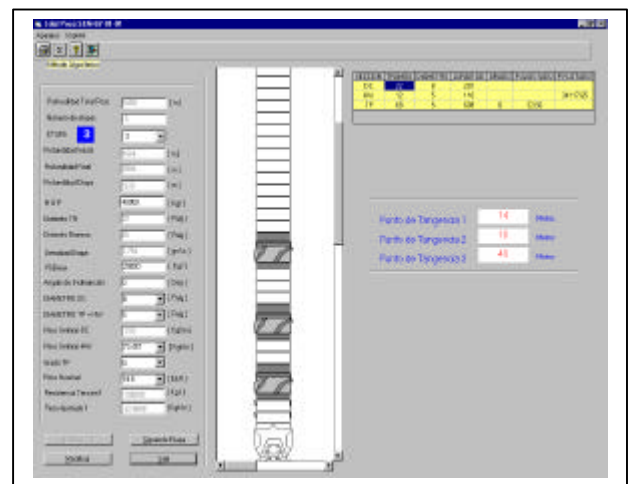


19.- Siguiendo la secuencia de cálculo se procede a la selección de barrenas, teniendo las opciones de hacerlo mediante la aplicación del programa de barrenas del IMP, ó bien de manera estadística, para lo cual se desarrolló esta pantalla para visualizar y seleccionar aquellas barrenas que hayan tenido mejor comportamiento. Basta con hacer click en la barrena deseada, para que los datos de esta, incluyendo diámetro, tipo, longitud e intervalo cortado, tiempo de rotación, desgaste y condiciones de operación, seán transferidas a la tabla donde se integrará el programa de barrenas del pozo, mismo que se puede imprimir.



20.- Se desarrolló la aplicación de diseño de sartas y de aparejos de fondo, ya que no se disponía de ninguna aplicación ya realizada para ser utilizada en esta importante etapa del diseño del pozo. Los datos del diseño de las sartas y aparejos, están conectados con la secuencia de diseño, de manera que el sistema permite diseñar la sarta para cada etapa, de la cual ya conoce su profundidad, densidad y diámetros. Los datos de los elementos tubulares los toma de una tabla de la base de datos de SIOP, construida para este propósito, misma que se mostrará mas adelante.

Paralos aparejos de fondo se programó de manera analítica y más de manera experta, tendiendo una base de conocimiento para seleccionar los aparejos de fondo que han dado mejores resultados en formaciones suaves, medias y duras, tanto para ganar, mantener y decrementar ángulo.



21.-La secuencia de cálculo involucra el diseño del fluidos de perforación, para lo cual la siguiente pantalla lanza diversas formas donde se registran de manera detallada los requisitos para el fluido de perforación.

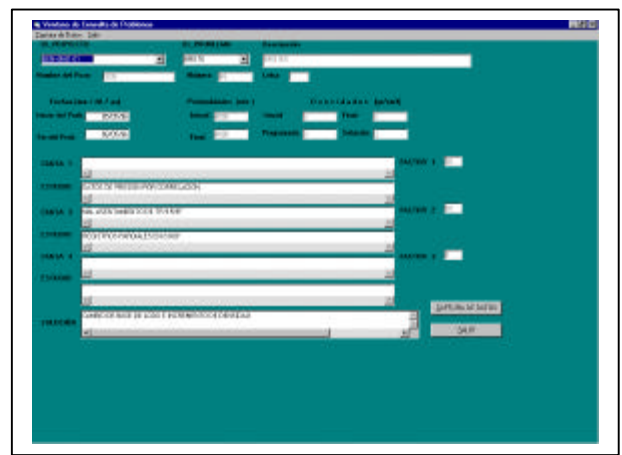


22.- La siguiente pantalla es de las más importantes para el SEDIPP, ya que es la que permite convertir la experiencia, expresada en los reportes de los pozos de correlación, en datos útiles para los cálculos. En ella se considera que un problema puede iniciar y terminar el mismo día, o bien que puede durar más tiempo, que puede iniciar y terminar a una sólo profundidad o a diferentes profundidades. Está construida de manera realista según la experiencia de especialistas en esta materia. Permite considerar las densidades ed fluido de perforación inicial y final durante el problema, así como las densidades solución y programada. Además permite ananlizar los problemas asignando tres posibles causas de esto y requiriendo el argumento técnico para su determinación, así como la sasignación de un peso de certidumbre de la causa, mismo

que debe variar entre cero y 100. La suma de los pesos de las tres posible causas deberá ser igual a 100 %.

De aquí se toman los valores para la correlación de los datos ideales de asentamiento de tr's y con estos datos se modifican esos asentamientos.

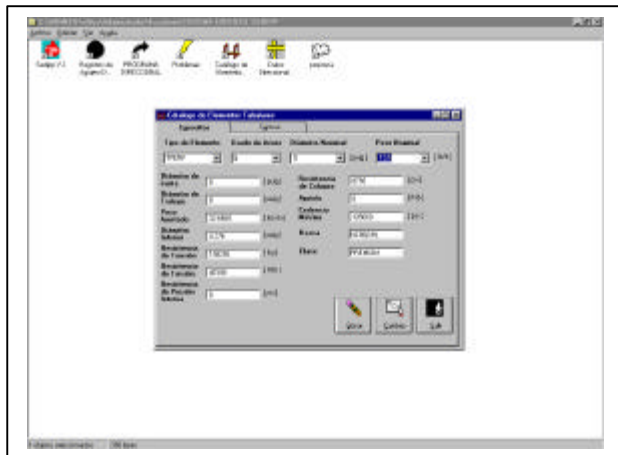
Puede usarse independiente del SEDIPP como base de conocimiento y datos para cualquier problema tenido en cualquier pozo.



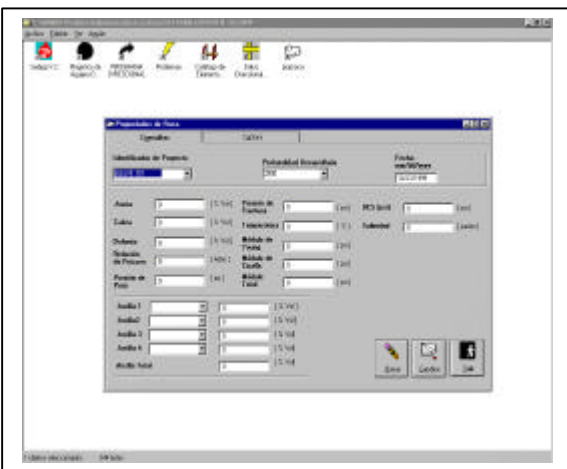
Las siguientes pantallas pertenecen a aplicaciones que se contruyeron para complementar al SIOP en lo que a datos e información técnica se refiere para la automatización del proceso de diseño.

Estas son: Datos de registros geofísicos, datos de elementos tubulares, propiedades de roca y datos direccionales.

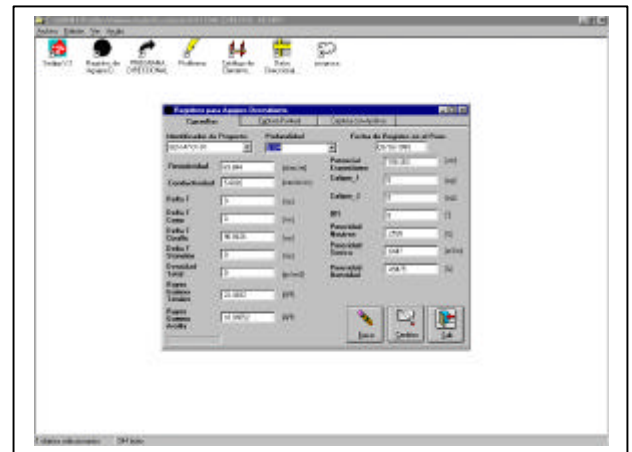
23.- Datos de elementos tubulares. De aquí se obtiene la información para el diseño de sartas y aparejos de fondo. Es una tabla con datos dimensionales y mecánicos de los elementos tubulares más comunes, como tubería de perforación, tphw, tr, lastrabarrenas y tubería de producción.



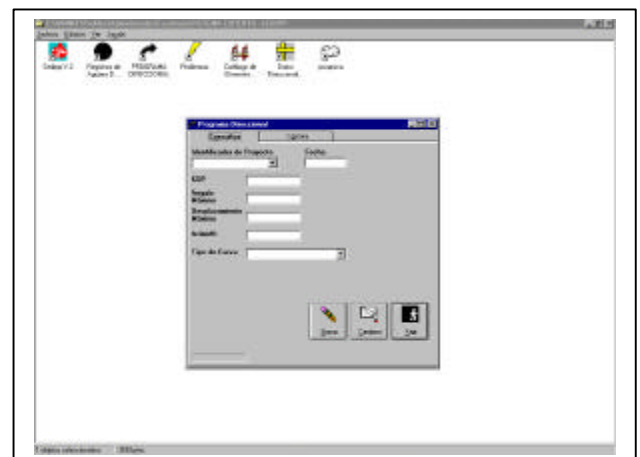
24.- **Propiedades de roca.**- Aquí se registran todos los datos relacionados con las propiedades de las rocas. Se capturan datos composicionales y mecánicos desde el punto de vista de geomecánica y de geoquímica. Estos datos son usados en la selección de barrenas, asentamiento de tró y selección de fluidos.



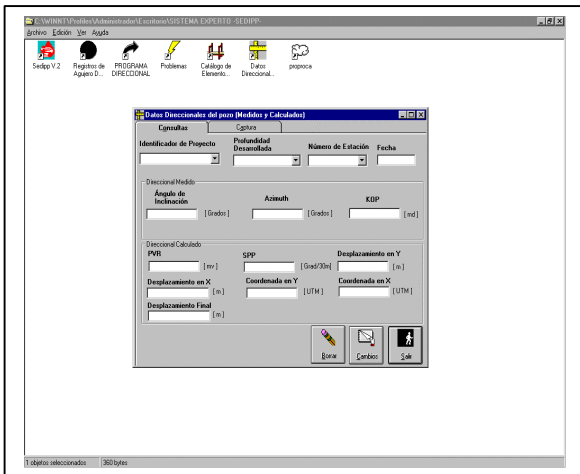
25.- Registros en agujero descubierto. Aquí se capturan los datos de registros para el cálculo de geopresiones. Los registros que se pueden alimentar son resistividad, conductividad, sónico, rayos gama, sp, DR-CAL, porosidades neutrón, sónica y de densidad.



26.- Programa direccional.- Aquí se capturan los datos del programa direccional que se diseña en el programa DESVTEC, desarrollado por personal de la Gerencia de Perforación y Mantenimiento de pozos, División Sur.



27.- Datos direccionales del pozo. Aquí se transfiere información desde y hacia DESVTEC, así como para todas las secciones del diseño que requieren información verticalizada, como es el cálculo de geopresiones.



Conclusiones y recomendaciones

1.- el SEDIPP demuestra que ya se cuenta con los recursos tecnológicos necesarios para la generación de aplicaciones completas desarrolladas sobre ambientes consistentes que integran bases de datos técnicos, conocimiento y experiencia transformadas en datos así como aplicaciones de ingeniería.

1.- El desarrollo de sistema a la medida de las necesidades, es la mejor solución para las necesidades de empresas petroleras con multicomponentes funcionales, del tipo de la PEP-UPMP, como demuestra la cantidad de sistemas que en recientemente se vienen desarrollando en nuestra empresa.

2.- La transferencia eficiente de información impacta de manera importante la calidad de los procesos que integran la línea de negocios de la UPMP.

3.- Las inversiones del UPMP en recursos informáticos han dado excelentes resultados, ya que las habilidades proporcionadas por ellos son la principal razón del desarrollo de sistemas de alta calidad.

4.- Se recomienda continuar con el desarrollo y la mejora de este tipo de sistemas, así como la integración de las bases de datos de otras áreas de la organización de PEP, como los Activos, planificación, Administración y finanzas, etc., para dar mayor eficiencia y calidad en sus procesos.

Bibliografía.

- 1.- Sistema Experto para Diseño de la Perforación de Pozos. Informe Final del Proyecto. Gerencia de Perforación y Mantenimiento de Pozos, D.S., 1998.
- 2.- Desarrollo de la Perforación en México, Aguilar de la Serna M.A. y Valenzuela Cázares J.M. Foro Internacional de Perforación, Calgary Canadá, 1997.
- 3.- Desarrollo de un Sistema Experto. Valenzuela Cázares, Castillo Durán, Ramírez Lara, Solís Fuentes, Pérez Melgarejo, AIPM, 1998, Villahermosa, Tab.