

APLICACION DE ESTUDIOS INTEGRADOS EN EL DESARROLLO DE YACIMIENTOS MADUROS

Autores: Waldyr Rodríguez, Jorge Oré, Adolfo Alania, Javier Soto y Leoncio Gonzales.
Compañía: Pluspetról Perú Co.

RESUMEN

Los yacimientos petrolíferos de la Cuenca Marañón que fueron descubiertos en la década del 70, después de mas de 25 años de producción, actualmente se encuentran en un avanzado estado de explotación.

Cuando Pluspetról inició sus operaciones en el Lote 8, los yacimientos petrolíferos Corrientes, Pavayacu, Yanayacu, Chambira y Capirona producían 25.0 MBOD con una declinación anual de 25% y una acumulada total de 190 MMBO lo cual representaba un factor de recuperación de 35-40% del petróleo in-situ.

Considerando el potencial productivo y la posibilidad de incrementar los factores de recuperación de los yacimientos se trazó una estrategia de reevaluación, que consistió en el reprocesamiento y reinterpretación de la información sísmica, adquisición e interpretación de 221 Km de sísmica 3-D, revisión e integración de los estudios petrofísicos, estratigráficos, sedimentológicos, geoquímicos y productivos.

La aplicación de los estudios integrados en el desarrollo de los yacimientos del Lote 8 nos permitieron optimizar y reducir los costos operativos, desarrollar 10 MMBO de reservas con la perforación de pozos de desarrollo, ejecutar reacondicionamientos de pozos con los cuales producimos 20 MMBO y mantener nuestro promedio de producción 10% mayor desde el inicio de operaciones.

La interpretación de la información sísmica 3-D confirma el potencial de extender los límites productivos de los yacimientos con los cuales se incrementará las reservas del Lote 8.

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos del Lote 8 operados por Pluspetrol fueron descubiertos entre los años 1971-1974, estan definidos como anticlinales asimétricos cuyos ejes estan orientados generalmente en dirección NW-SE, los reservorios mas importantes son sedimentos cretácicos pertenecientes a las formaciones Vivian y Chonta que se encuentran a una profundidad aproximada de 2650 a 3200 m respectivamente. Figura N° 1.

Considerando los métodos modernos en la evaluación de yacimientos, especialmente de campos maduros, la complejidad estratigráfica de los reservorios del Lote 8, el gran volumen de información existente y las herramientas o programas especializados disponibles; en éstos últimos años hemos establecido y aplicado una sistemática de trabajo grupal multidisciplinario a fin integrar las principales actividades involucradas: geología , sísmica, producción y reservorios; lo que ha permitido un mejor conocimiento de los reservorios y evaluar mejor los campos Corrientes y Pavayacu. Como resultado de estos estudios, se han generado proyectos de perforación de nuevas pozos de desarrollo y de extensión, workovers y programas de mejoramiento de la producción.

Los estudios multidisciplinarios se iniciaron con la revisión de la información geológica, sísmica y de reservorios; entre los que se pueden mencionar: la evaluación petrofísica de los principales reservorios productivos: Vivian , Pona y Cetico complementados con estudios sedimentológicos, de facies, petrografía, etc. realizados en núcleos convencionales y registros de pozo, igualmente correlaciones estratigráficas detalladas de los reservorios, utilizando para ello programas especializados en estaciones de trabajo: Stratworks, Petroworks, etc.

Recientemente se registraron 221 Km de sísmica 3-D en los yacimientos Corrientes y Pavayacu, con el objetivo de optimizar el manejo de los reservorios productivos y determinar las posibilidades de extensión de los yacimientos que nos permita incrementar las reservas.

Simultáneamente se efectuaron análisis geoquímicos, de salinidad de agua, ingeniería de reservorios y producción, principalmente en los yacimientos Corrientes y Pavayacu, que integrados en una etapa final a estudios de simulación de reservorios nos permiten entender el comportamiento productivo de cada uno de los reservorios.

GEOLOGÍA DE LOS YACIMIENTOS CORRIENTES Y PAVAYACU

El yacimiento Corrientes es un anticlinal asimétrico de aproximadamente 7 km de longitud y 2 km de ancho en el sector sur y 4 km en el sector norte. Estructuralmente esta definido por la intersección de dos ejes estructurales. Los reservorios productivos son Cetico, Lupuna y Pona de la Formación Chonta, Fm Vivian y Pozo Basal de la Formación Pozo.

El Yacimiento Pavayacu es una estructura anticlinal de dirección noroeste-sureste, limitado al Este por una falla inversa principal de reactivación. En el flanco oeste la pendiente estructural es mas suave que en el flanco Este. A lo largo del anticlinal se presentan suaves plegamientos o flexuras en el nivel de los reservorios relacionados a la configuración estructural de plegamiento y fallamiento en el nivel Precretáceo.

Los reservorios principales son las rocas clásticas de los reservorios Cetico, Pona, Lupuna, Vivian y eventualmente Pozo Basal constituyen buenos reservorios que estan estrechamente ligadas a variaciones estratigráficas y de facies. La columna estratigráfica de los yacimientos de lote 8 se muestra en la Figura N° 2 .

Los reservorios principales así como su respectivo modelo sedimentario han sido descritos teniendo en cuenta la información de los núcleos convencionales tomados en los reservorios Vivian, Pona y Cetico, los registros de buzamiento e imágenes de pozo complementan la información de ambientes sedimentarios con direcciones de paleocorrientes.

El reservorio Vivian esta conformado por areniscas cuarzosas con excelente porosidad y permeabilidad depositadas en ambiente fluvial. El reservorio Pona esta compuesto de areniscas glauconíticas , presenta capas de areniscas con fuerte cementación calcárea y abundante bioturbación depositadas en ambiente marino. El reservorio Cetico esta compuesto de areniscas glauconíticas y cuarzosas depositadas en ambientes marino y fluvio-deltaico respectivamente con subfacies de barras cortadas por canales, presentan buenas características de roca reservorio.

INTERPRETACION SÍSMICA

La interpretación de la información sísmica 3D ajustada con los pozos ha contribuido significativamente en tener un buen control estructural de los reservorios en áreas conocidas, a pesar de ello todavía persisten algunos problemas por resolver; que son originados por el reducido espesor de los reservorios, cambios estratigráficos, escasos registros de velocidad de pozo y por el suave plegamiento estructural,

estas variaciones son tan suaves que en la mayoría de los casos escapan a la resolución de la sísmica 3-D.

Los resultados de la interpretación sísmica 3-D en los yacimientos Corrientes y Pavayacu confirman el potencial de seguir extendiendo los límites productivos de los reservorios en los cuales se ejecutarán los futuros programas de desarrollo.

INTERPRETACIÓN PETROFÍSICA

Para la obtención de las propiedades petrofísicas de los reservorios principales se utilizaron básicamente la información de los registros de pozos a hueco abierto y los resultados de análisis de núcleos, integrados a través de los programas especializados de análisis e interpretación de registros "PetroWorks" y, correlación, de pozos "StratWorks"; desarrollado por Landmark Graphics Corp. También se utilizaron registros radioactivos y acústicos trabajándolos en las siguientes fases :

Edición, normalización y corrección por condiciones del pozo;

Calibración de la porosidad efectiva y saturación de agua con análisis de núcleos;

Determinación de los parámetros petrofísicos : Volumen de arcilla, porosidad efectiva y saturación de agua por reservorio

El análisis de los núcleos convencionales brindó información sobre la composición de la roca reservorio y la forma detrítica dispersa en que ocurre la arcilla en la matriz. El volumen de arcilla (Vsh) ha sido calculado con la curva "SP" para los reservorios de la formación Chonta, debido a la presencia de glauconita que por su carácter radioactivo, afecta fuertemente las lecturas del "GR". Para la formación Vivian se usó la curva "GR" como un indicador de arcilla.

La información de porosidad obtenida de núcleos a diferentes presiones de sobrecarga nos ha permitido calibrar los valores de porosidad de los perfiles determinando así la densidad de matriz para cada reservorio, la constante "a" y el exponente de cementación "m" fue obtenida de los plots : Factor de Formación Vs. Porosidad del núcleo, é Índice de Resistividad; con el Vsh se determinó la Porosidad efectiva (PHIE) para todos los pozos.

La evaluación de la saturación de agua se efectuó un modelo matemático para arena arcillosa dispersa que permite separar el agua adherida a la arcilla, el exponente "n" se obtiene de los ensayos de núcleos del Índice de Resistividad; Para obtener los valores de resistividad de agua de formación (Rw) se consideraron las respectivas salinidades de cada reservorio que para el caso del yacimiento Corrientes varían de 80,000 a 135,000 ppm de ClNa .

Finalmente ésta información es utilizada para generar los modelos geológicos que son utilizados en los estudios de simulación.

FLUIDOS

Uno de los parámetros más importantes para comprender el comportamiento productivo de los yacimientos es el análisis cualitativo-cuantitativo de los fluidos, más aun cuando se tienen pozos con producción de dos ó más reservorios en conjunto, en los que la segregación de petróleo y agua se deben conocer para estimar los porcentajes de recuperación individual por reservorio para su posterior ajuste en los estudios de simulación. Se han aplicado diversos métodos:

- **Análisis de salinidad**

Recientemente se efectuaron análisis de salinidad de muestras de agua de formación de cada uno de los reservorios de los yacimientos Corrientes y Pavayacu, se analizaron en pozos con producción exclusiva de un reservorio y pozos con producción de dos ó mas reservorios.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Yacimiento Corrientes:	Cetico:	135,000 ppm ClNa
	Lupuna:	130,000 ppm ClNa
	Pona :	105,000 ppm ClNa
	Vivian :	80,000 ppm ClNa
	Pozo Basal:	62,000 ppm ClNa

Yacimiento Pavayacu:	Cetico Inferior:	110,000 ppm ClNa
	Pona:	115,000 ppm ClNa
	Vivian:	82,000 ppm Cl Na

Cosiderando la información anterior es posible calcular los porcentajes de aporte de agua en pozos con producción de dos reservorios diferentes. Figura N°3.

- **Estudios Geoquímicos**

Se han realizado análisis geoquímicos de cromatografía de gas en muestras de crudo los cuales han permitido verificar el aporte productivo de cada uno de los reservorios.

En el yacimiento Pavayacu se lograron diferenciar claramente a través de los cromatogramas, los petróleos proveniente de los reservorios Cetico Inferior, Pona y Vivian, así como también se logró determinar el porcentaje de aporte de cada reservorio cuando se trata de mezclas de crudo proveniente de dos reservorios diferentes.

Similarmente, en el yacimiento Corrientes también se lograron diferenciar a través de cromatogramas los petróleos provenientes de los reservorios Cetico, Lupuna, Pona, Vivian y Pozo Basal.

Como resultado de éstos estudios se ha confirmado que la producción de petróleo y agua de los reservorios de alto Índice de Productividad (de 5 a 10) como Vivian y Cetico es mucho mayor que el aporte de Pona que tiene Índice de Productividad menor (1 a 2), lo cual indica que el reservorio Pona tiene un aporte mínimo o ninguno cuando produce en conjunto con Cetico o Vivian o con ambos.

- **Gravedad API**

La segregación porcentual del aporte productivo de petróleo en pozos con producción combinada de varios reservorios utilizando la gravedad API ha dado buenos resultados cuando hay una diferencia marcada en la gravedad API de los crudos de cada reservorio, es el caso del yacimiento Pavayacu donde se tienen medidas de 47°API para Vivian, 33-35° en Pona y 26° en Cetico Inferior.

En el yacimiento Corrientes también se tiene producción combinada de dos o más reservorios pero no se puede aplicar éste método porque no existe una diferencia marcada en la gravedad API de los reservorios, los valores varían de 23 a 25 °API.

SIMULACIÓN DE RESERVORIOS

Actualmente, como parte de la secuencia de trabajo se están realizando estudios de simulación numérica de reservorios en ambos yacimientos para los diversos reservorios. En éstos estudios se utilizan toda la información anterior en forma de modelos los cuales han permitido definir zonas que a pesar del avanzado tiempo de producción se encuentran con bajas saturaciones de agua, donde es posible aun recuperar petróleo, como resultado de ello se perforó un pozo horizontal en Pavayacu.

CONCLUSIONES

-La calidad y resolución de la información geológica, sísmica y de reservorios es muy importante para la comprender el comportamiento productivo y optimizar la productividad y el manejo de los reservorios de cada yacimiento. Figura N° 4

-Los cambios estratigráficos y de facies en corta distancia en los reservorios Pona, Lupuna y Cetico, influyen de manera significativa en la producción de los yacimientos. Estos cambios son controlados solamente por los pozos y son imperceptibles en las propiedades de la ondícula sísmica.

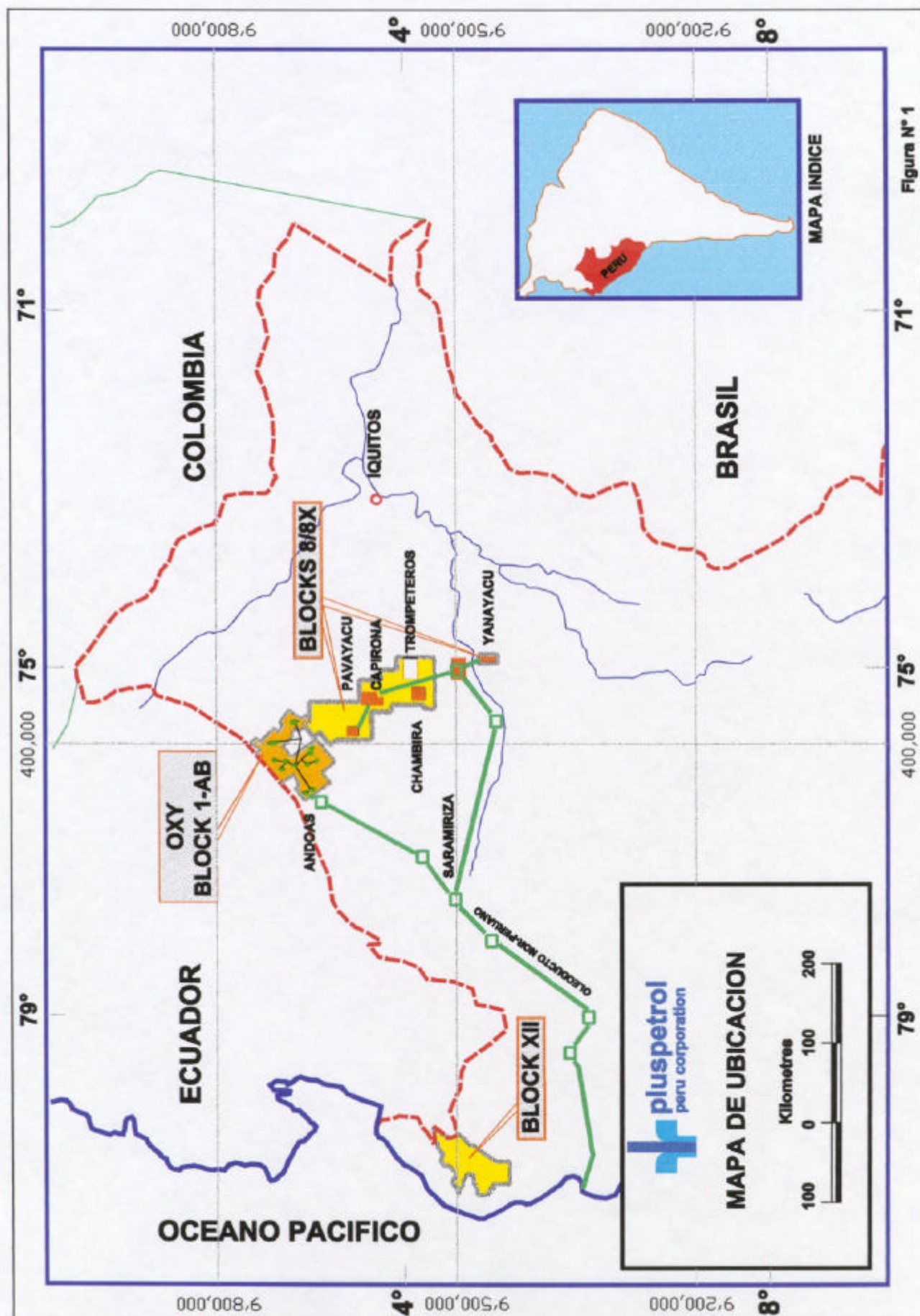
-La segregación de los fluidos a través de estudios de salinidades y geoquímica de los diferentes reservorios es muy importante para los ajustes de historia en los estudios de simulación y programar los retrabajos que permitan incrementar los factores de recuperación.

-La aplicación de estudios integrados y su discusión en grupos multidisciplinarios nos a permitido obtener los siguientes resultados:

- (+) Perforar 13 pozos de desarrollo con los cuales se desarrollaron aproximadamente 10 MMBO.
- (+) Ejecutar 72 retrabajos con los cuales se pusieron en producción aproximadamente 20 MMBO.
- (+) Optimizar la producción y reducir costos operativos permitiendonos incrementar nuestras reservas probadas en 45 % y mantener nuestro promedio de producción 10 % mayor desde el inicio de operaciones.
- (+) Planificar un programa agresivo de extensión y desarrollo de los yacimientos para continuar incrementando nuestras reservas.
- (+) Mantener una intensa actividad operativa en el oriente peruano.

CONTIBUCIONES TÉCNICAS

Para optimizar el manejo de los reservorios productivos en los yacimientos maduros es necesario la aplicación, integración y adquisición de toda la información geológica, sísmica, de reservorios y de producción posibles, que deberán ser analizados y discutidos en grupos multidisciplinarios para generar los nuevos proyectos que permitirán alcanzar mayores factores de recuperación.



PLUSPETROL PERU Co.

STRATIGRAPHIC COLUMN

BLOCK 8

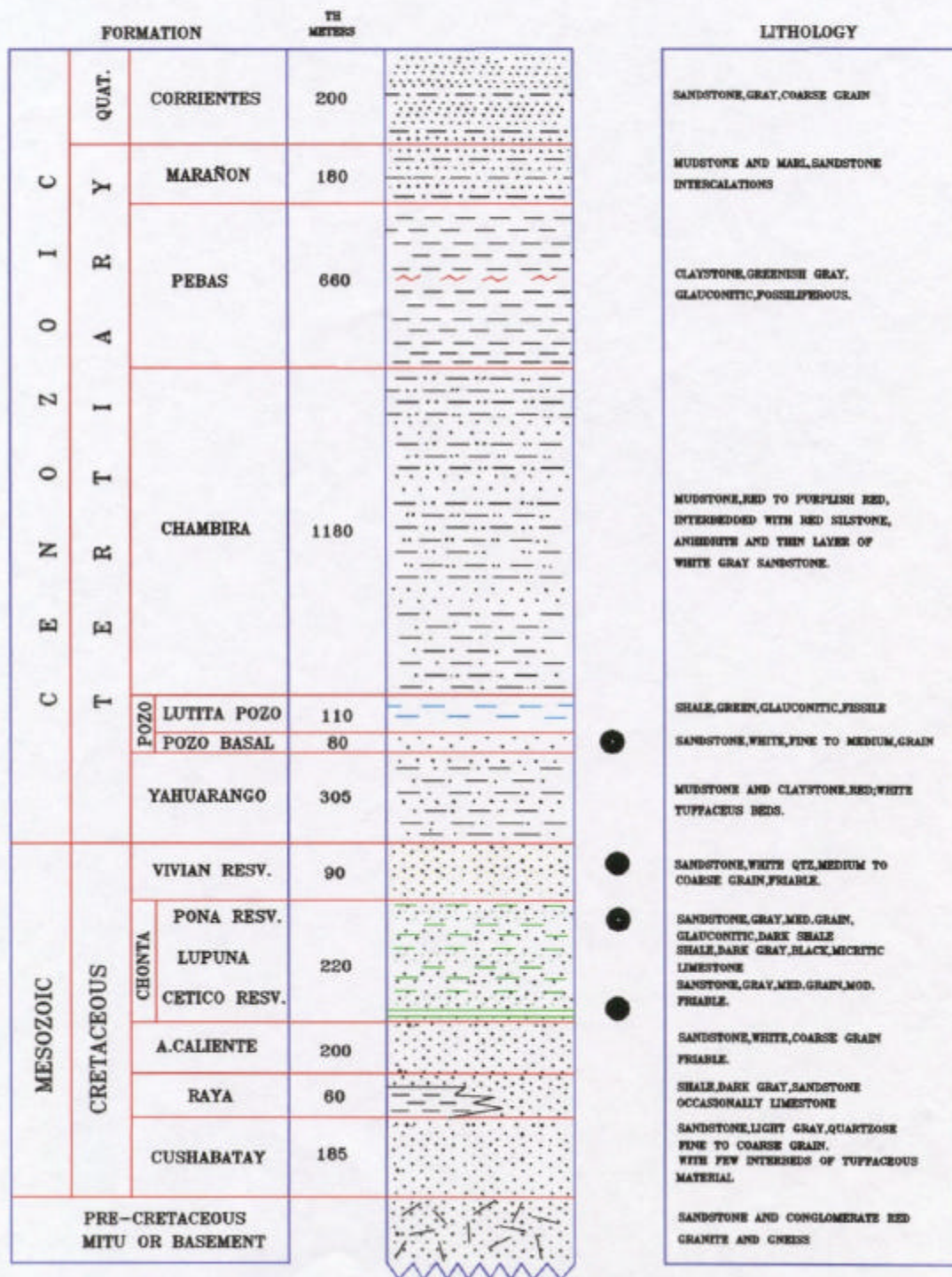


Figura N° 2

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS RESERVORIOS

Yacimiento Corrientes

Yacimiento Pavayacu



Figura N°3

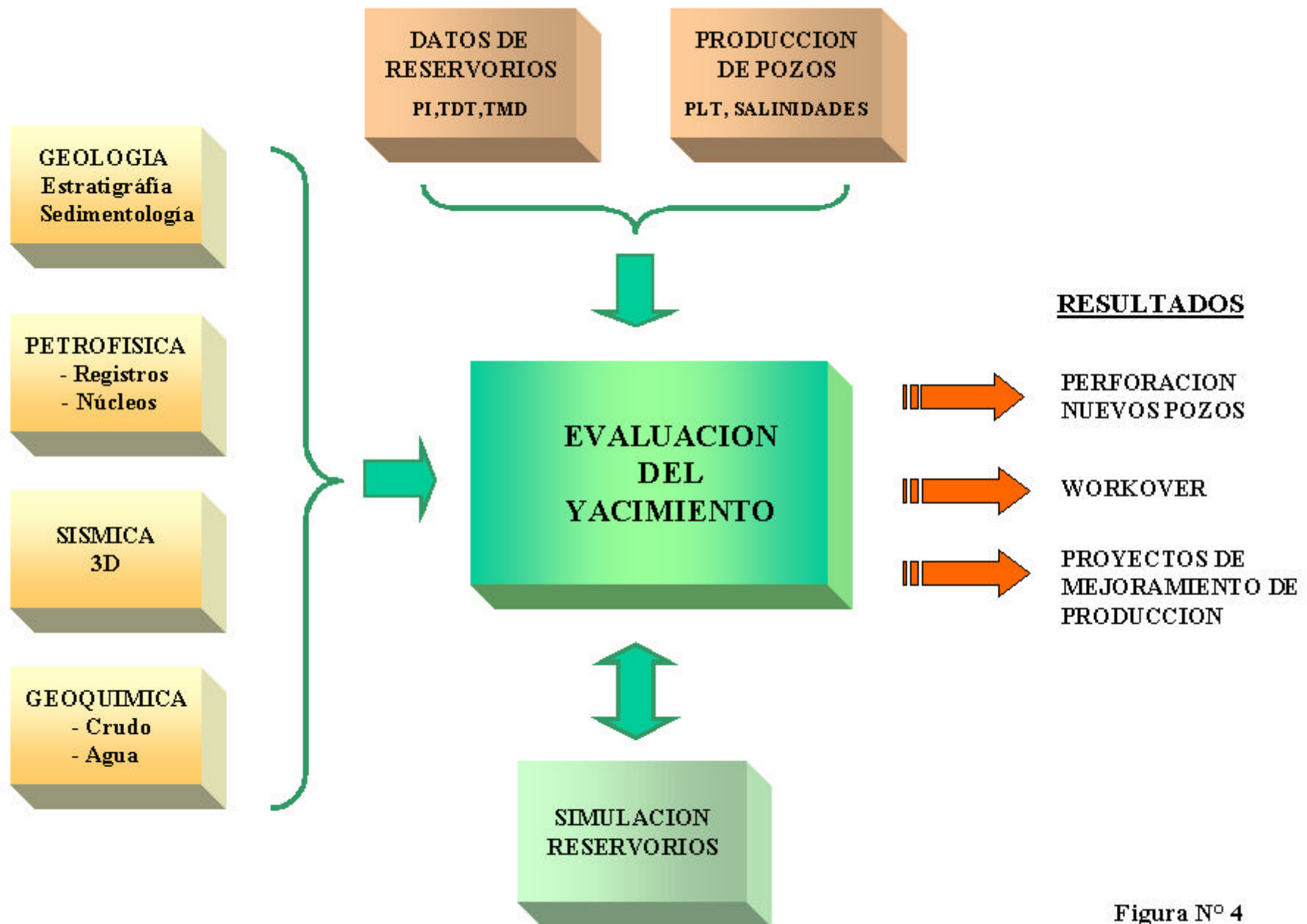


Figura N° 4