

Tectonoestratigrafía del subsuelo al sureste del campo geotérmico de Cerro Prieto, BC

Juan Manuel Camacho Hernández

CFE, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Residencia General de Cerro Prieto, Residencia de Estudios, Departamento de Geología y Geofísica, Mexicali, BC. Correo: juan.camacho02@cfe.gob.mx

RESUMEN

Con base en los análisis litológicos subsecuentes al último contrato de perforación de 19 pozos, se ha efectuado una actualización de la conceptualización geológica profunda de la parte oriental del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP). Como antecedente, en 2014 se presentó un trabajo (VII Reunión Interna de Mejora Continua, CFE) en el que se hizo un análisis litológico-estructural tomando como referencia los pozos 528D y 533D incluyéndose secciones y configuraciones geológicas, infiriéndose entre ambos la presencia de un paleocanal y un rasgo estructural relevante al sureste del CGCP. En las muestras de canal se pudo detectar, además, algunos fragmentos de roca volcánica en diferentes intervalos de profundidad así como muestras de núcleos con presencia de un cuerpo rocoso intrusivo, lo que ofrece nuevos elementos para una mejor definición del cuadro geológico en el subsuelo al oriente del CGCP. De acuerdo a la nueva información geológica obtenida de los pozos perforados a finales de 2014 e inicios de 2015, se puede establecer un comportamiento tectono-estratigráfico distinto al inferido con anterioridad en el área donde se ubican los pozos 528D y 533D, además de cambios litológicos dentro de un ambiente sedimentario dada la ocurrencia de una posible intrusión de origen ígneo en la zona. Puede concluirse que estas nuevas evidencias geológicas servirán de soporte para nuevas propuestas de localización de pozos futuros, así como para una mejor definición del modelo geológico actual del CGCP y aéreas adyacentes al oriente del mismo.

Palabras Clave: Análisis litológico-estructural, paleocanal, núcleos, intrusivo, aprovechamiento geotérmico, tectono-estratigrafía, modelo geológico.

1. Objetivo

Establecer el cuadro geológico del subsuelo al sureste del **CGCP** con base en el comportamiento tectónico y estratigráfico campo, específicamente en la zona de los pozos **528D**, **533D** y **M-203**.

2. Localización

Los pozos **528D**, **533D** y **M-203** se ubican al sureste de Cerro Prieto 4 (CP4), en la parte oriental del CGCP (Figura 1).

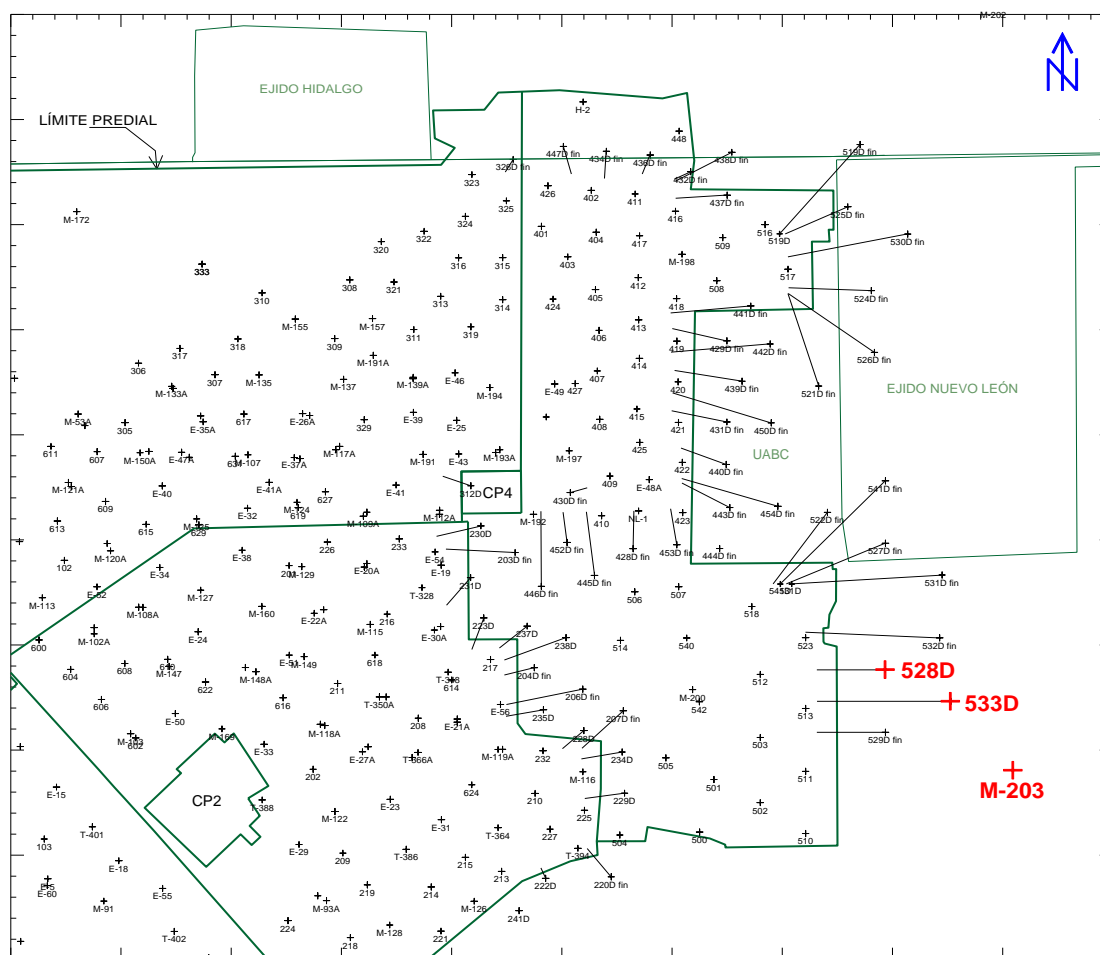


Figura 1. Localización de los pozos 528D, 533D y M-203.

3. Antecedentes: Condiciones geológicas estimadas

Los pozos **528D** y **533D** fueron construidos entre octubre de 2012 y marzo de 2013. Para estimar la las cima de las unidades litológicas se hizo uso de la información geológica obtenida básicamente de pozos construidos dentro del predio actual del CGCP. Sin embargo, esto generaba un mayor grado de

incertidumbre para establecer con precisión relativa la profundidad del corte de las cimas litológicas por perforar, ya que se estaba en una zona nueva geológicamente hablando. Por tanto y a falta de elementos geológicos correlacionables, la tendencia del comportamiento estructural y estratigráfico indicaba una profundización estable de los estratos hacia el oriente del campo geotérmico.

Mencionado lo anterior, se procedió entonces para la estimación del corte a profundidad de las cimas litológicas al tomar como referencia las secciones geológicas A-A', B-B' y C-C', D-D' elaboradas en su momento para la propuesta de perforación de los pozos **528D** y **533D** respectivamente (Figura 2).

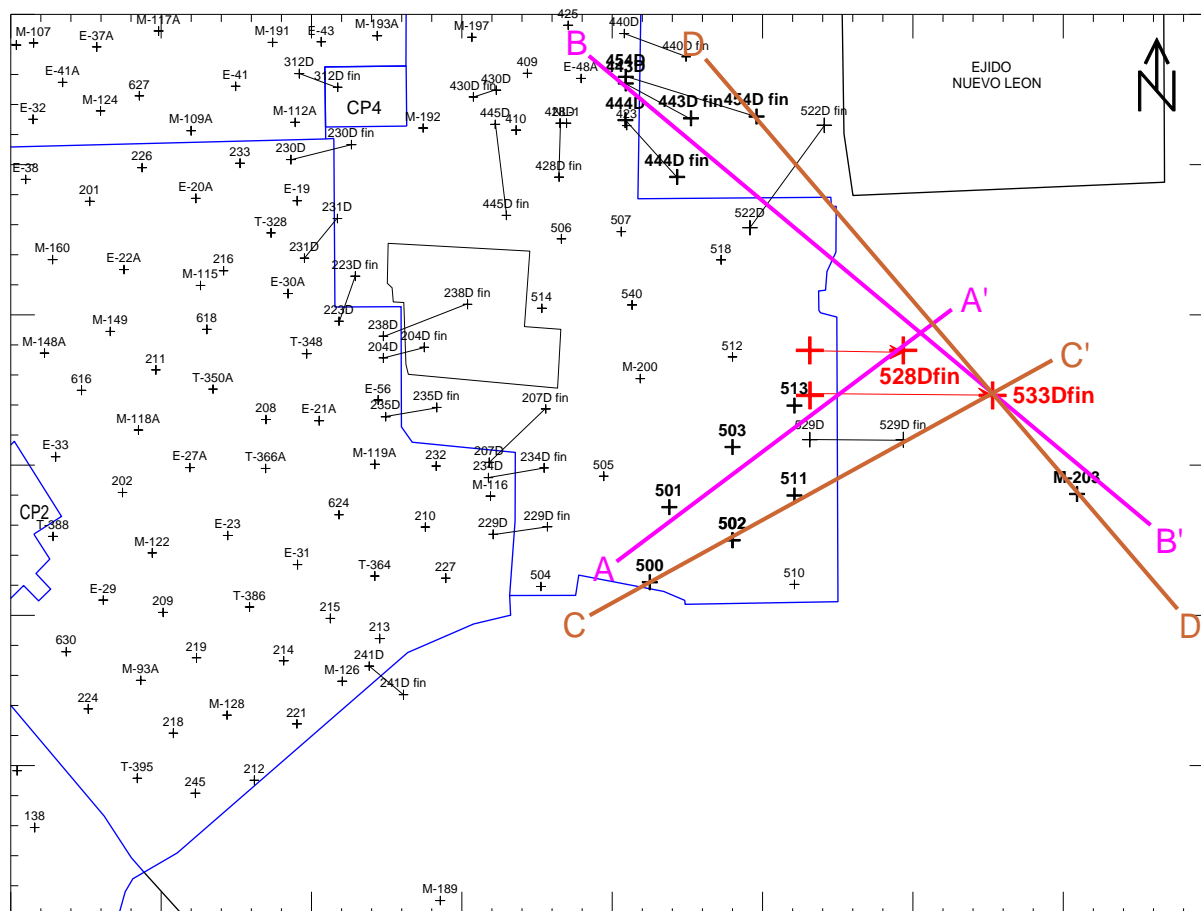


Figura 2. Localización de las secciones geológicas A-A', B-B' y C-C', D-D' antes de la perforación de los pozos 528D y 533D.

En este sentido se menciona que la Figura 3 correspondió a la propuesta para el pozo **528D** y la Figura 4 a la del pozo **533D**. Es importante aclarar que además se hizo uso de la configuración correspondiente para establecer preliminarmente la cima de la unidad de la lutita gris en la zona de los pozos **528D** y **533D** (Figura 5).

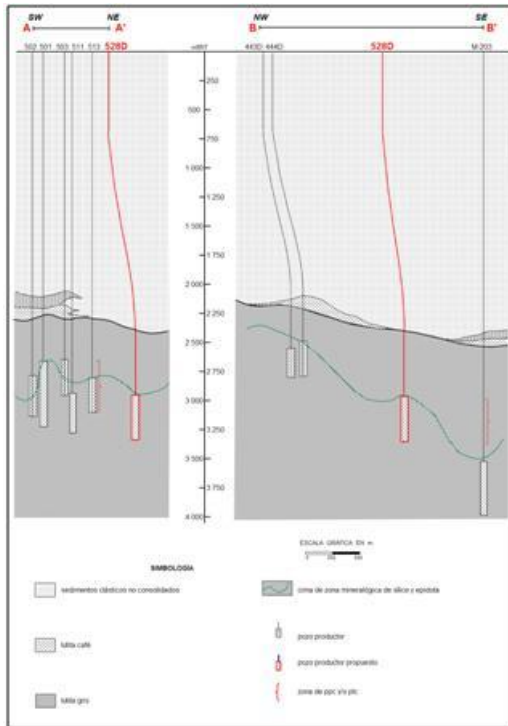


Figura 3. Estimación de condiciones geológicas para la perforación del pozo 528D propuesto.

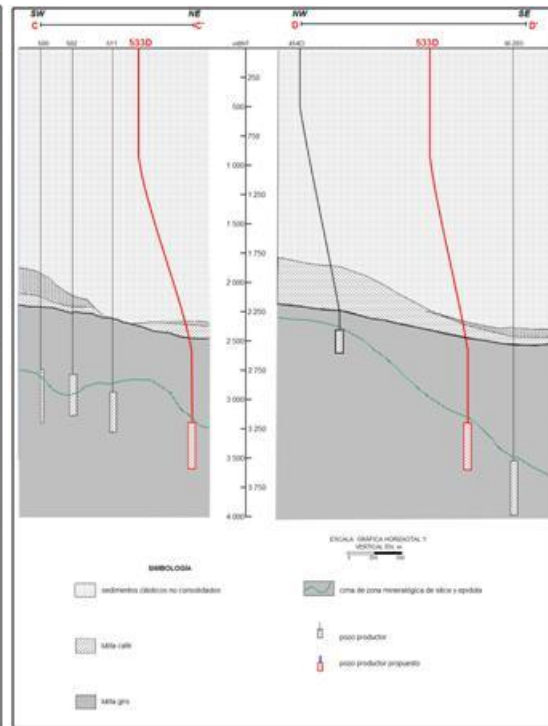


Figura 4. Estimación de condiciones geológicas para la perforación del pozo 533D propuesto.

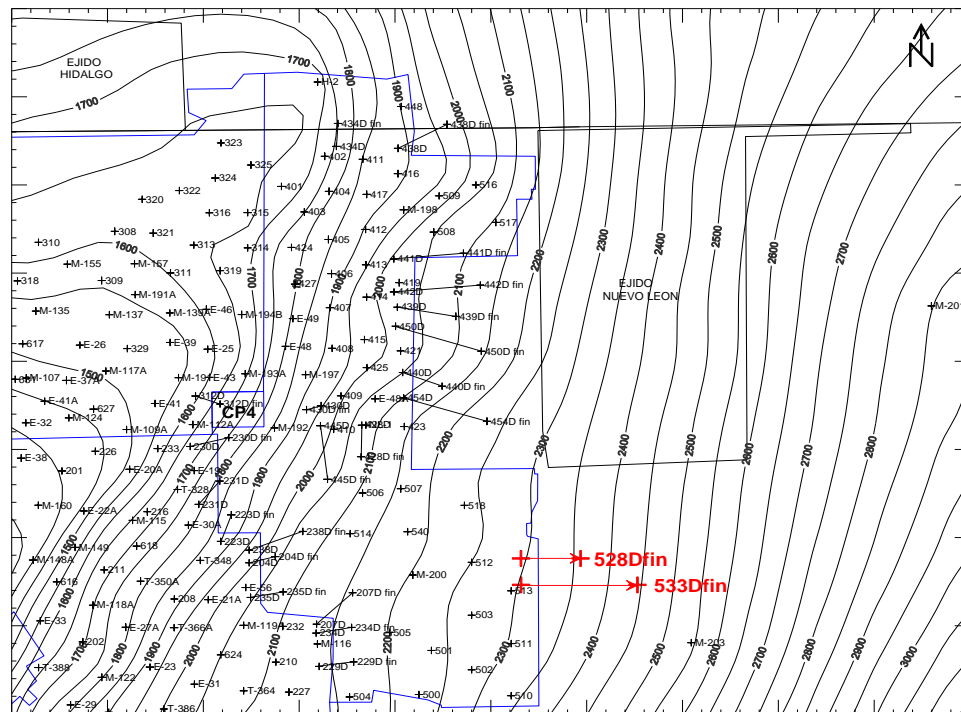


Figura 5. Estimación de la configuración de la cima de la unidad de lutita gris antes de la perforación de los pozos 528D y 533D.

Al igual que las secciones geológicas (Figuras 3 y 4), la configuración de la cima de la unidad de lutita gris (Figura 5) indicaba un comportamiento estable y sin pendientes abruptas que supusieran algún tipo de afectación erosiva ni estructural en la zona de los pozos **528D** y **533D**.

4. Resultados: Condiciones geológicas encontradas

Anteriormente a la integración de la recién obtenida y analizada información geológica que aportaron los pozos 527D, 531D y 532D, se infirió el comportamiento de la geología del subsuelo en la zona de los pozos **528D** y **533D** con base en los datos aportados en su momento por estos dos pozos. Se tomó como base el análisis litológico de muestras de ripio de ambos pozos así como de muestras de núcleos (**528D**). De acuerdo a lo anterior se propusieron las secciones E-E' y F-F' (Figura 6) para representar la geología a profundidad en la zona. De esta manera en la sección E-E', de acuerdo a la información geológica con la que se contaba anteriormente, se definió una estratigrafía homogénea a lo largo de la sección desde el pozo 421 hasta el **528D**. Al sureste, incluyendo a los pozos **533D** y **M-203**, se infirió una característica tectonoestratigráfica descrita con detalle más adelante. Este mismo rasgo se observó desde otra perspectiva en la sección F-F', ubicándolo entre los pozos 513 y **528D**. Posteriormente, al concluir el último contrato de perforación se actualizó la conceptualización geológica al este del **CGCP** con base en la cima de lutita gris (Figuras 7 y 8), así como en la configuración de la cima litológica de la misma (Figura 9).

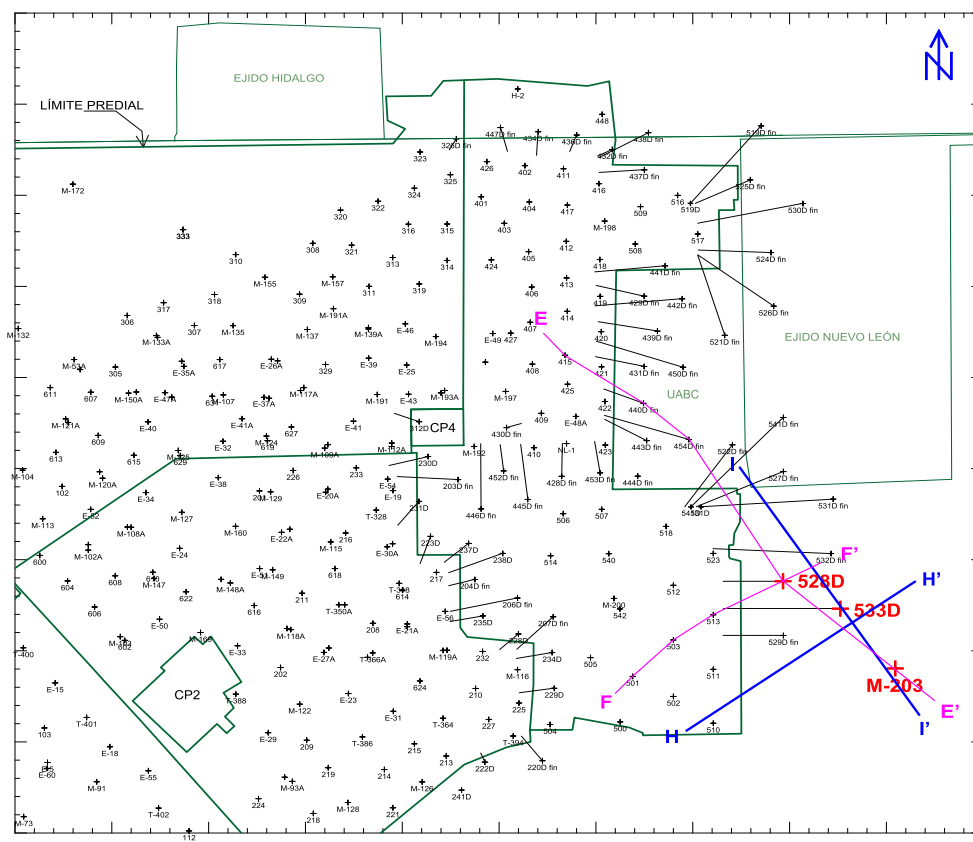


Figura 6. Localización de secciones geológicas E-E' y F-F' (preliminares), H-H' e I-I' (actualizadas).

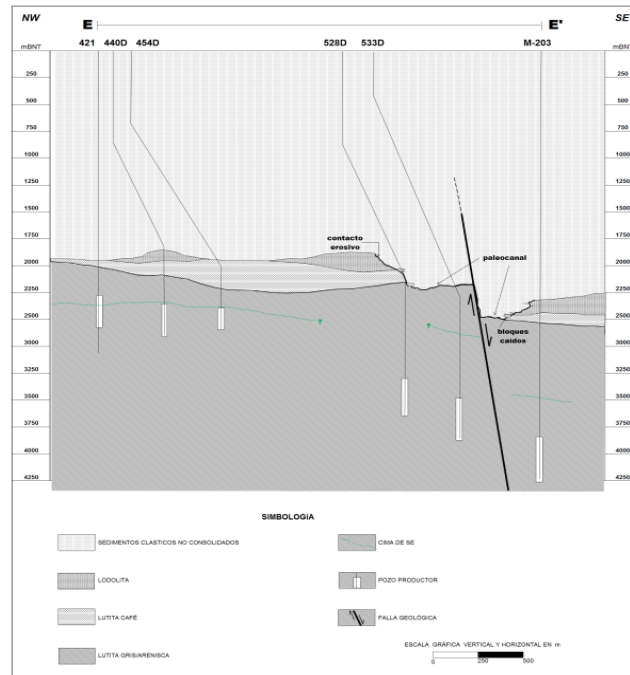


Figura 7. Sección geológica E-E' preliminar, determinada con base en datos de los pozos 528D y 533D.

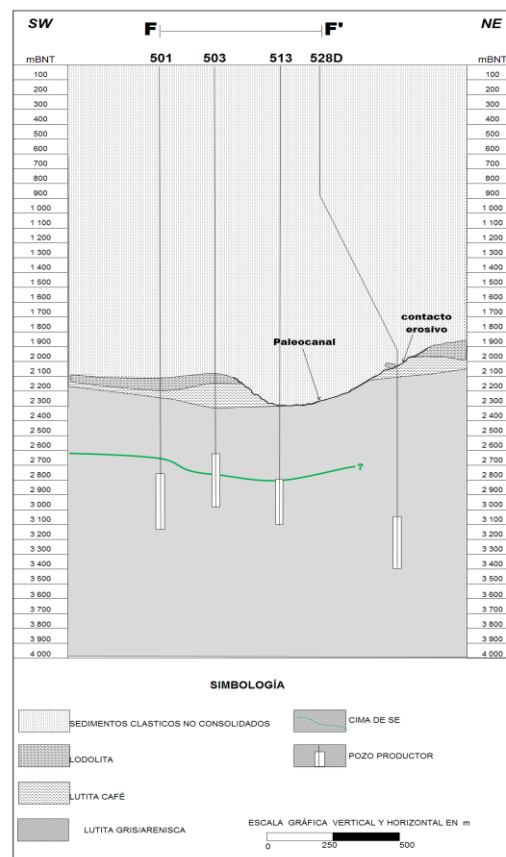


Figura 8. Sección geológica F-F' preliminar determinada con base en información del pozo 528D.

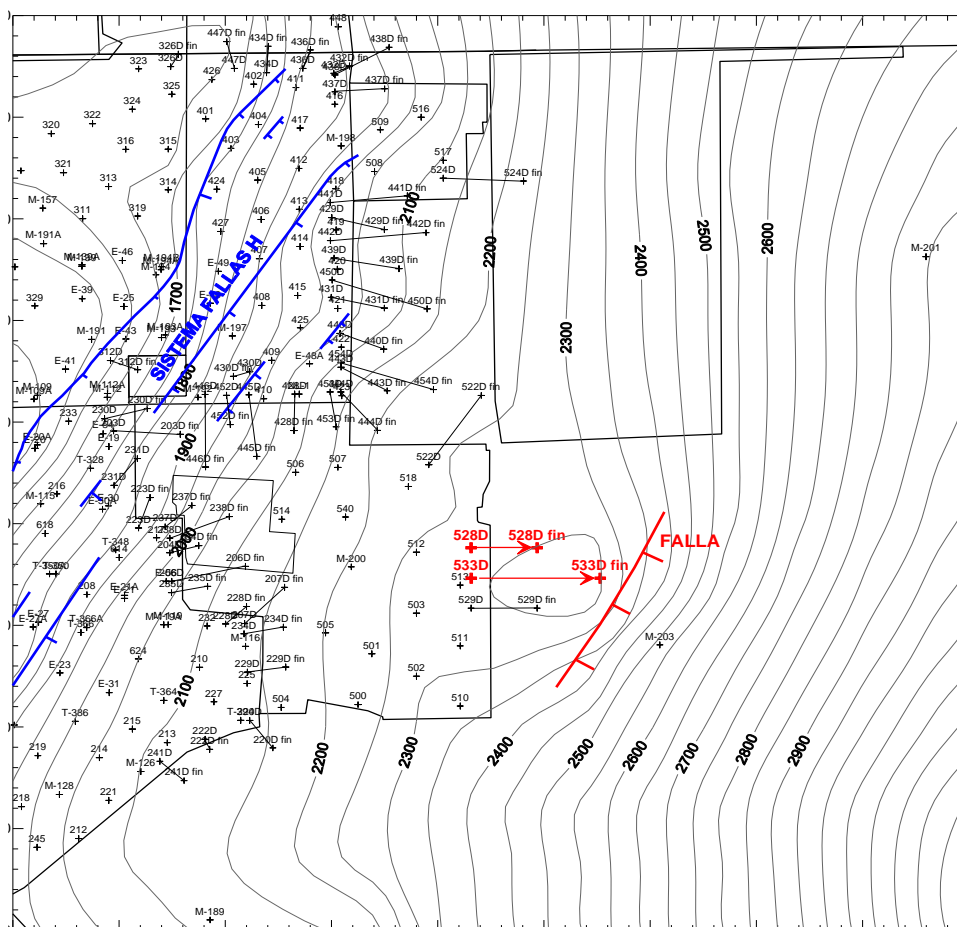
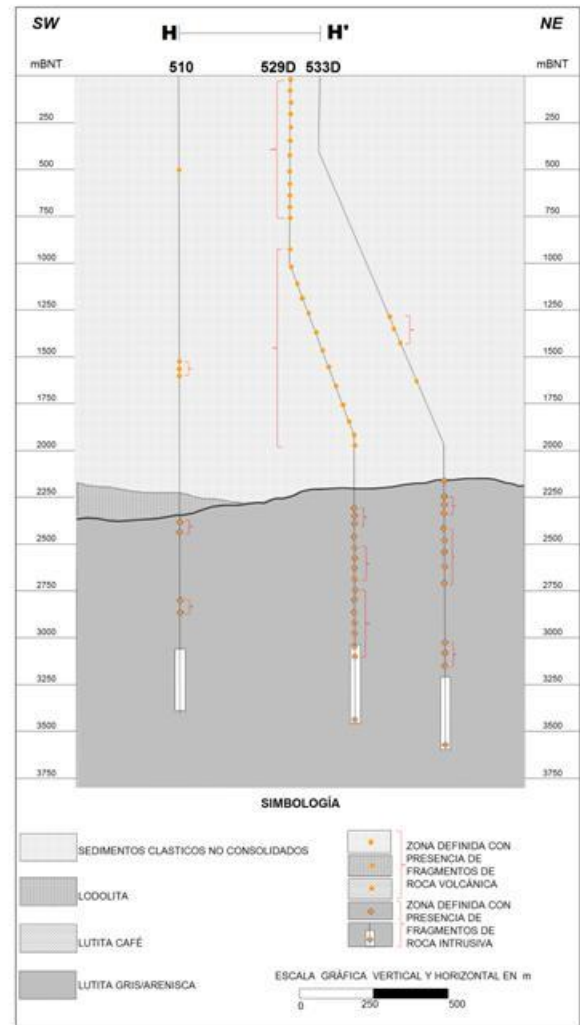
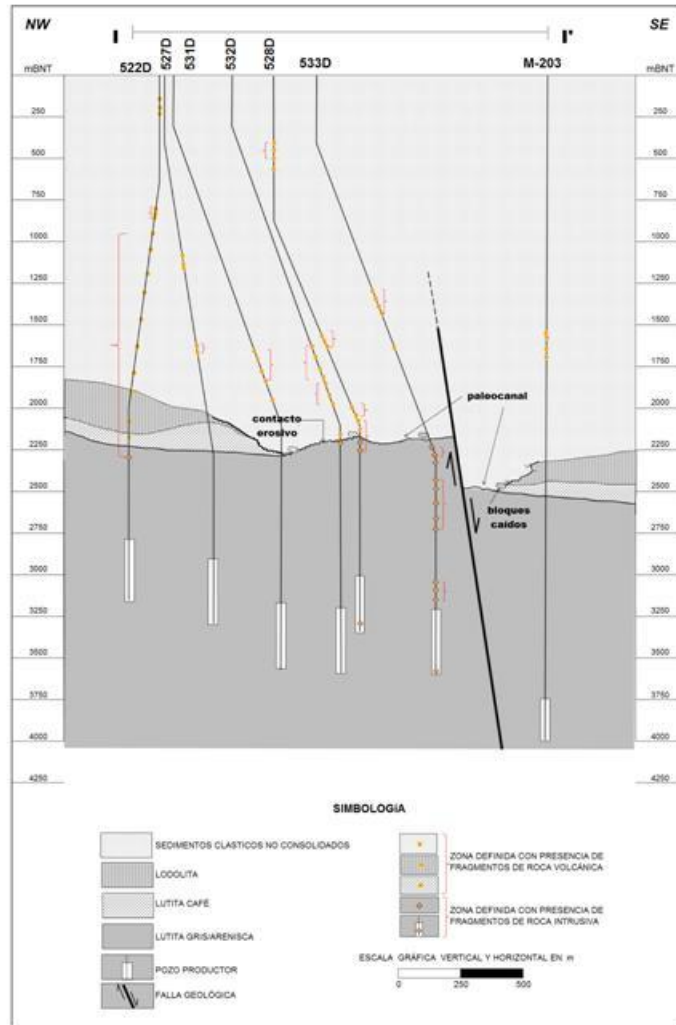


Figura 9. Sistema estructural (sistema de fallas H) referido a la cima de la unidad litológica de la lutita gris y falla geológica determinada con base en la perforación de los pozos 528D y 533D.

A lo anteriormente explicado se añaden ahora los datos geológicos de los nuevos aprovechamientos geotérmicos mencionados al inicio de este apartado, de tal forma que se integra con fines comparativos a las secciones E-E' y F-F', H-H' e I-I' (ver Figura 6). El análisis de la información de estas últimas secciones en este trabajo de actualización, además de la obtención de una mejor definición de la configuración de la cima de la unidad de la lutita gris, aporta una perspectiva mejorada para definir con mayor claridad la situación tectonoestratigráfica presente en la zona de los pozos **528D**, **533D** y **M-203**.

Con la inclusión de la nueva información geológica del subsuelo, obtenida como se ha mencionado de las últimas perforaciones de pozos geotérmicos 527D, 531D y 532D y otros, es posible reforzar la idea de un comportamiento tectonoestratigráfico distinto al inferido hasta antes de la conclusión del recién terminado contrato de perforación. De esta manera puede definirse la conjunción de un evento con un régimen erosivo de gran energía, precedido hacia el oriente de un evento tectónico de relevancia en la zona entre los pozos **533D** y **M-203** según se indica en la Figura 10.



Con esta misma idea se comenta que la configuración de la cima de la unidad de lutita gris (Figura 9), ha sido redefinida con base al aporte de mayor información geológica del subsuelo, estableciéndose una zona de relativa estabilidad litoestratigráfica donde se sitúan los pozos **513, 522D, 523, 527D, 528D, 529D, 531D, 532D** e incluso el **533D** (Figura 12). A la vez se observa una súbita profundización de los estratos hacia la zona oriental inmediata entre el **533D** y el **M-203** pudiéndose interpretar esta característica como la presencia de una falla normal (en negro) paralela al sistema de fallas H (en azul) ubicada hacia el poniente del área estudiada, como se observa en la Figura 12.

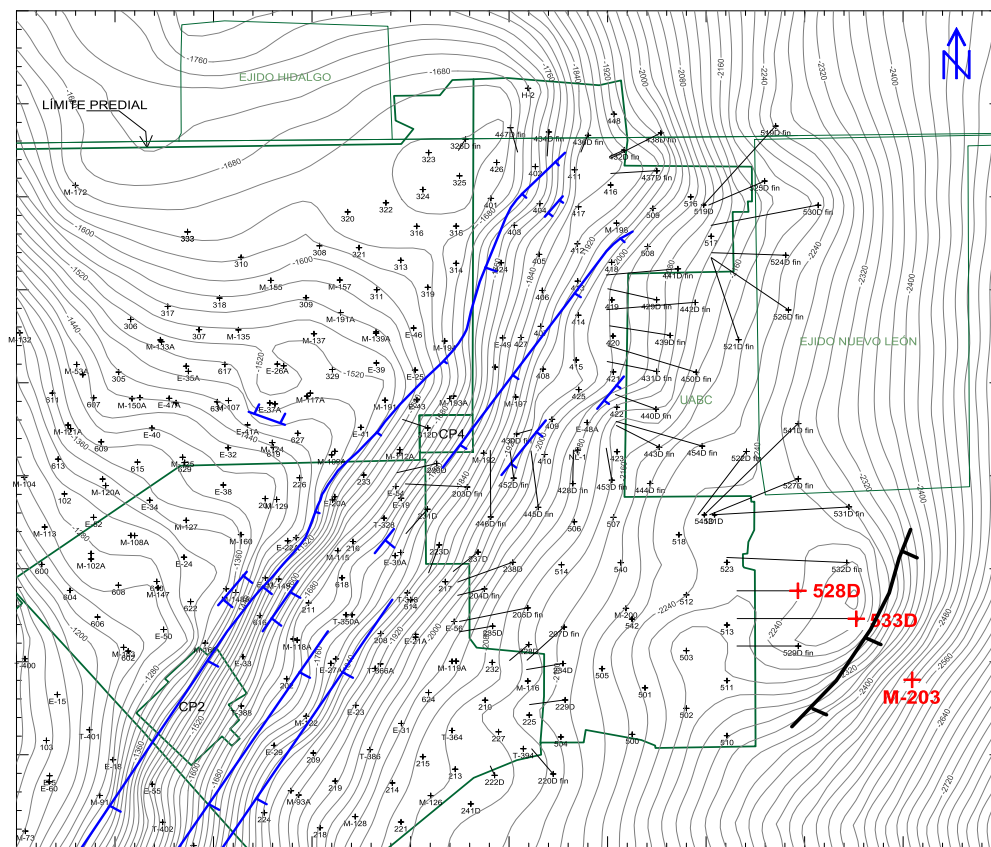


Figura 12. Sistema estructural conformado por fallas H (en azul) referido a la cima de la unidad litológica de lutita gris y nueva falla geológica (en negro), determinada con base a datos aportados por la perforación de los pozos 528D, 532D y 533D.

5. Tectonoestratigrafía y eventos ígneos presentes en la zona de los pozos 528D, 533D y M-203

Con base en la interpretación geológica de las secciones y configuraciones litológicas correspondientes y con la corroboración física de muestras de ripio y de núcleo, se establece en primer término la presencia de un paleocanal como rasgo característico entre los pozos **528D**, **533D** y **M-203**. Se presume que esta característica geohidrológica, originada por eventos erosivos de alto nivel de energía, definió un amplio y antiguo sistema hidráulico en la zona al nivel de la unidad de lutita gris e incluso perseveró en el tiempo geológico para erosionar posteriormente a los sedimentos clásticos no consolidados (lutita café, lodolita, arcillas y arenas).

Es muy posible que prácticamente al mismo tiempo del inicio de la paleo-erosión diera comienzo también un incipiente pero constante régimen tectónico que paulatinamente, y en respuesta a los continuos movimientos transtensionales (Plioceno Temprano a Medio) de la región, diera forma al actual sistema estructural propuesto en la zona entre los pozos **533D** y **M-203** (ver Figura 13).

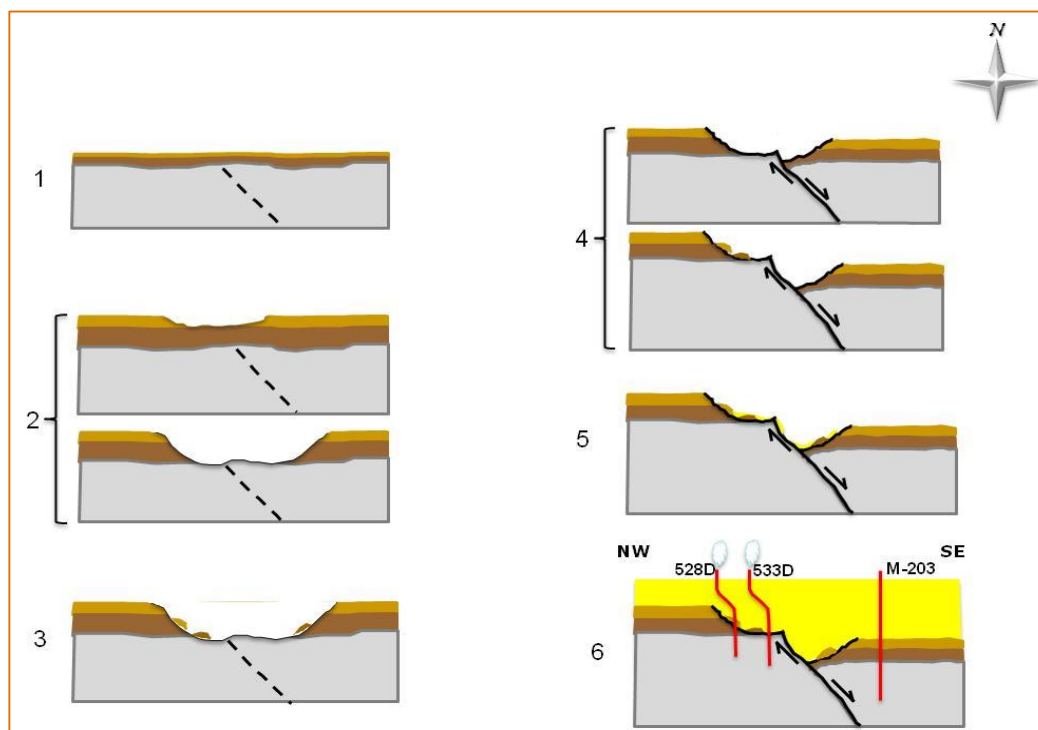


Figura 13. Secuencia crono-estratigráfica estructural probable de eventos que originaron paleocanal y fallamiento en la zona de los pozos 528D, 533D y M-203 al oriente del CGCP.

Por otra parte, se detectó la presencia de fragmentos de roca de origen ígneo en muestras de ripio e incluso en núcleos de reciente recuperación, cuyas características petrológicas indican que son de origen tanto intrusivo como volcánico. Estos últimos tienen color oscuro y textura vacuolar derivada del escape repentino de gases al contacto con un medio de menor temperatura. Presentan también vidrio y minerales como piroxenos, anfíbolos y olivino, por lo que su composición es básica.

En las figuras 10 y 11 aparecen los pozos e intervalos en los que se detectó la presencia de estos cuerpos ígneos (puntos en negro). En esos pozos se trata principalmente de diques de diabasa que intrusieron a la unidad de lutita gris. Mientras que en los sedimentos terrígenos cuaternarios se presentan fragmentos volcánicos (rombos en naranja), producto de derrames fisurales que corresponden esencialmente a basaltos y andesitas.

Tanto las intrusiones diabásicas como las rocas volcánicas se presentan en eventos espaciados dentro del tiempo geológico, según lo denota su aparición tanto en sedimentos terciarios como en recientes. La presencia de estas rocas en periodos geológicos distintos hace suponer un proceso de diferenciación magmática (a partir de material de composición básico a intermedio), tomando en cuenta la aparición en primera instancia de rocas hipabisales (diabasas) que intrusieron a las rocas sedimentarias terciarias, y posteriormente a través de derrames lávicos de composición basáltica y andesítica en los sedimentos cuaternarios.

Esta diferenciación del magma podría atribuirse a los posteriores movimientos extensionales del protogolfo hace entre 4 y 5 Ma, es decir, a la transtensión que afectó a la región provocando eventos tectónicos y en consecuencia zonas de debilidad cortical (fracturas y fallas).

6. Núcleos de formación recuperados

Al perforarse el pozo **528D** se colectaron cuatro muestras de núcleo a los intervalos de profundidad que se muestran en la Tabla 1 (ver Foto 1), junto con la descripción macroscópica al momento de recuperarlos. Cabe señalar que el primer núcleo recuperado mostraba una composición litológica poco discernible, lo cual dio pie a la formulación de las hipótesis y hechos señalados en este trabajo.

NUCLEOS DE FORMACIÓN (BARRIL MUESTREADOR)			
INTERVALO (mBNT)		FORMACIÓN	IMAGEN
2190	2200	LUTITA CAFÉ INTERCALADA CON ARENAS, ARCILLAS, LUTITA GRIS Y ARENISCA	1
3089	3098	100% ARENISCA MUY COMPACTA Y FRACTURADA	2
3241	3250	55% ARENISCA ALTAMENTE FRACTURADA, 45% ROCA ÍGNEA INTRUSIVA	3
3336	3345	100% ARENISCA MUY COMPACTA Y FRACTURADA	4

Tabla 1. Profundidad y descripción macroscópica de núcleos cortados al perforar el pozo 528D.



Foto 1. Aspecto macroscópico de los núcleos recuperados durante la perforación del pozo 528D.

Conclusiones

- Mediante el análisis petrográfico de muestras de formación, secciones geológicas y configuraciones litológicas se comprueba la tendencia a la profundización y la identificación de nuevas características erosivas y estructurales que afectan a los sedimentos terciarios hacia el oriente del actual campo en explotación. Esto se logró deducir al comparar los escenarios geológicos previstos antes de la perforación de los últimos pozos geotérmicos construidos hacia principios de 2015, con los resultados reales obtenidos y el escenario surgido después de su interpretación.
- Se han añadido nuevos elementos para una mejor comprensión de la dinámica geológica real hacia el oriente del **CGCP**, lo que ha permitido definir con mayor certidumbre la tectonoestratigrafía de la zona al determinar la presencia de cuerpos ígneos hipabisales, que pueden ser diques, sills o lacolitos que intrusionan a los estratos terciarios, así como de rocas volcánicas producto de posibles derrames lávicos de composición basáltica y andesítica. Además, se identificó la presencia de un evento erosivo de gran magnitud y energía (paleocanal), y la presencia de un nuevo rasgo estructural al noroeste del pozo M-203.
- El análisis efectuado así como la integración de otros trabajos relacionados son relevantes porque respaldan propuestas geológicas para determinar zonas geotérmicas de interés para ser explotadas por la **CFE** al oriente del CGCP. Dadas las características geológicas detalladas y mencionadas en este trabajo, la información puede utilizarse como recomendación para una optima planeación de las actividades relacionadas directamente con los dispositivos y herramientas a utilizar en la construcción de futuros pozos geotérmicos.
- Como todo trabajo realizado, éste es perfectible. Con la integración y aporte de nuevos datos geológicos de futuros estudios y trabajos, sin duda se obtendrá una perspectiva cada vez más mejorada de las condiciones reales del modelo geológico que incluye al yacimiento geotérmico del CGCP.