

MODELO DE EVALUACIÓN DE CRUDOS

Silvia Mónica Zemborain
Repsol YPF - CTA
José Luis Peña
Repsol YPF - CTR

1.- Objeto

Presentar la herramienta elaborada por la Dirección de Tecnología de REPSOL YPF , (repCAPT: Crude Assay Prediction Tool), la cual permite predecir el fraccionamiento y la caracterización de un crudo o mezcla de crudos partiendo de datos analíticos mínimos.

Es sabida la necesidad que tienen los refinadores de disponer de un banco de datos de crudos confiable y actualizado de manera de realizar las tareas de planificación de producción y operación de las refinerías con garantías.

Para disponer de esta información se requiere la posibilidad de contar con la caracterización y fraccionamiento de crudos lo que involucra un esfuerzo experimental, con tiempos asociados que no siempre es posible contemplar, por lo tanto esta herramienta constituye un complemento al sistema convencional de evaluaciones de crudos en laboratorio.

Los algoritmos diseñados para el modelo presentan una gran flexibilidad en cuanto a la información necesaria para generar una evaluación de crudo, y en su versión actual sólo precisan los datos de densidad, azufre, viscosidad y punto de escurrimiento del crudo

En la presentación se muestra el estado actual de esta tecnología, sus características y posibilidades, los aspectos críticos a considerar en su aplicación en diferentes áreas de la actividad y los resultados preliminares obtenidos en su instalación.

2.- Descripción de la herramienta

La propuesta original del proyecto repCAPT tenía como objetivo el desarrollo de una herramienta que permitiera actualizar / completar el banco de datos de crudos de Repsol-YPF con mínimos datos experimentales empleando modelos matemáticos.

La información experimental de partida es variable, en algunos casos se dispone de evaluaciones incompletas o simplificadas, realizadas por Repsol-YPF, mientras que en otros casos serían evaluaciones realizadas por otras compañías siguiendo otros procedimientos de evaluación.

En el caso más desfavorable, se dispondría de la mínima información de seguimiento de calidad de un crudo a la descarga (densidad y contenido en azufre), que podría extenderse a alguna otra propiedad másica del crudo (viscosidad y punto de escurrimiento).

Con el fin de estructurar los procedimientos de cálculo se definieron varios grupos de información experimental:

- Propiedades másicas del crudo (azufre, densidad, viscosidad)
- Curva TBP del crudo
- Distribución de propiedades físicas “primarias” (densidad, azufre y viscosidad)
- Distribución del resto de propiedades del crudo y sus fracciones

La estructura de conexión de los algoritmos debería poder generar la información desde cada grupo hacia los inferiores. Con este esquema (representado en la figura 1) se dispone de flexibilidad para incorporar diferentes niveles de información al modelo. Además, estos grupos de información experimental mantienen una consistencia formal con los tipos de evaluaciones de crudos más comunes que se definen en los procedimientos de evaluación de crudos de Repsol-YPF.

La Evaluación básica contiene información de los tres primeros grupos (propiedades generales del crudo, TBP y distribución de propiedades primarias), luego se pudo ampliar a la determinación del resto de propiedades físicas características de cada corte.

Durante la fase exploratoria del proyecto se realizó un análisis sobre los resultados de aplicar diferentes modelos rigurosos y estadísticos a la predicción de nuevas evaluaciones de crudos. Algunas de las técnicas que permitieron resultados satisfactorios fueron:

- Aplicación de teorías de termodinámica continua a hidrocarburos
- Extensión de correlaciones bibliográficas de predicción de propiedades físicas de fracciones de petróleo
- Aplicación de nuevas técnicas de análisis matemático, como redes neuronales o algoritmos genéticos
- Aplicación de técnicas estadísticas a datos históricos disponibles

En la fase posterior del proyecto se estructuraron algunas de las técnicas anteriores en un conjunto de algoritmos que constituyen un sistema experto que analiza la información disponible del crudo, y genera en línea las correlaciones más apropiadas para calcular los datos requeridos. La elección de este procedimiento frente al desarrollo de un conjunto de correlaciones predeterminadas permite una mayor flexibilidad y precisión en los cálculos, y facilita las tareas de actualización del programa. Como contrapartida, exige la

disponibilidad en todo momento de una base de datos de evaluaciones de crudos, sin la que el programa no puede funcionar.

Esta disponibilidad de una o varias bases de datos de crudos ha permitido que la versión inicial del modelo de predicción de evaluaciones haya evolucionado progresivamente hasta constituir realmente una herramienta de gestión de la información de evaluaciones de crudos disponibles en la empresa. En Junio de 2002 se distribuyó la primera versión operativa estable del programa, que entre otras, incorpora las siguientes capacidades:

- Consultar y comparar la información de evaluaciones de crudos realizadas en la empresa o disponibles de otras fuentes. El programa se distribuye con diferentes bases de datos (evaluaciones realizadas en Tecnología CTE y CTA o evaluaciones externas)
- Generar nuevas evaluaciones de crudos puros o de mezclas con indeterminación (evaluación de tanques o de producto recibido de oleoducto, por ejemplo).
- Importar y exportar los ficheros de crudos en formato apropiado para su empleo en los modelos de planificación de refinerías.

La herramienta no se ha planteado como una aplicación aislada, sino que su desarrollo ha previsto su integración con otras herramientas empleadas en la empresa en las áreas de planificación y operación (Figura 2). El programa permite generar la información necesaria para poder procesar los nuevos crudos en los modelos de planificación comercializados, mientras que en el área de operación se está desarrollando una interfase que permite ejecutar modelos de simulación rigurosos existentes de topping con el nuevo crudo o mezcla de crudos con la posibilidad de optimizar las condiciones de operación de la unidad.

Dentro de las aplicaciones en otras áreas, la aplicación de repCAPT en E&P permitiría conocer de forma rápida variaciones en la calidad del crudo producido y sus mezclas en cabecera, mientras que en el área de Trading este sistema integrado en cualquier otro procedimiento de evaluación económica permitiría disponer de una valoración más precisa del crudo.

Esta herramienta complementa el Banco de Datos de crudos existente en la empresa, y tiene aplicaciones en las áreas de E&P, Refino y Trading de crudos. Dentro del área de Refino, algunas de las aplicaciones de mayor interés planteadas hasta la fecha son:

- Planificación: seguimiento y actualización de datos de crudos en los modelos de planificación.
- Operación: caracterización de mezclas de crudos reales (tanques o crudos procedentes de oleoducto).
- Control avanzado: con las propiedades mínimas requeridas podría plantearse una aplicación de análisis en línea (por ejemplo, en la alimentación a topping).

3.- DESARROLLO

Una vez finalizada la primera fase de desarrollo del modelo repCAPT, se ha iniciado la etapa de validación de los resultados del mismo de acuerdo con los objetivos planteados: la herramienta resultará de utilidad siempre que permita:

- a) Actualizar una evaluación existente en el Banco de Datos de crudos con una precisión superior al error que se cometería al emplear la evaluación previa existente asumiendo que no ha cambiado de forma significativa.
- b) Predecir con una precisión razonable evaluaciones de nuevos crudos para los que no se disponga de información en el Banco de Datos

El presente estudio analiza la capacidad de la versión actual del modelo repCAPT para predecir evaluaciones de crudos de acuerdo con los criterios indicados.

El estudio de validación se ha estructurado en tres grupos de pruebas al modelo, según la naturaleza de los datos con los que se contrastan las predicciones:

- a) Evaluaciones experimentales de crudos realizadas en los laboratorios de Tecnología
- b) Evaluaciones de crudos externas a Repsol-YPF, obtenidas de otras compañías o referencias bibliográficas. Se han seleccionado cuatro crudos siguiendo el criterio de que la mitad tuvieran evaluaciones previas realizadas por Tecnología en el banco de datos, y el resto fueran totalmente desconocidos.
- c) Mezclas de crudos con un nivel variable de indeterminación en su composición (crudos procedentes de tanques / oleoductos). Esta fase se ha realizado con la colaboración del C.I. Cartagena, que ha suministrado muestras correspondientes a dos pruebas con tanques con mezclas de diferente complejidad.

El algoritmo para crudos individuales se encuentra en una fase de desarrollo más avanzada, y ya se ha contrastado previamente con otros ejemplos, en los que se ha puesto de

manifiesto la relación directa entre la precisión del mismo y la existencia de crudos similares en el Banco de Datos de Crudos. Se han seleccionado dos grupos de crudos para realizar esta parte de la validación, según la evaluación se haya realizado en los laboratorios de Tecnología, o proceda de otra empresa externa a Repsol-YPF. En el primero de los casos resulta fácil evaluar la calidad de las predicciones de forma cuantitativa, ya que las temperaturas de corte coinciden. En el segundo habría que homogeneizar las temperaturas de cortes para poder realizar la comparación, lo que podría añadir errores adicionales, por lo que la comparación se ha realizado de forma cualitativa.

En todos los casos la predicción de las evaluaciones se ha realizado empleando como datos de partida la densidad, contenido en azufre, viscosidad a 40°C y punto de escurrimiento del crudo problema, así como el origen geográfico del mismo en aquellos crudos para los que no existían referencias en el Banco de Datos.

Resultados obtenidos:

a) Evaluaciones experimentales de crudos realizadas en los laboratorios de Tecnología.

Crudo Basrah (En CTE)

En la figura 3 se comparan la predicción de TBP y las distribuciones de azufre y densidad con los resultados de la nueva evaluación experimental.

Las predicciones son muy satisfactorias, posiblemente debido al elevado número de crudos de Oriente Medio similares de que dispone en el Banco de Datos (Arabia Medio y Kuwait presentan índices de semejanza cercanos al 70%).

Crudo Cañadón Amarillo (Argentina)

La desviación en la TBP se produce en la parte inicial del crudo, donde en la evaluación experimental no hay (0,11%, valor sorprendentemente bajo para un crudo con esa densidad). Esto puede ser debido a un mal manipuleo de la muestra, y es lo que produce esa desviación en la parte inicial. El resto de la curva, así como la pendiente, no presenta ese problema.

En cuanto a la densidad, los resultados son también aceptables. El balance de densidades con el crudo completo se cumple.

El azufre no se predice bien, pero no hay en el Banco de Datos crudos de referencia con esos valores de azufre. No obstante, la desviación de la curva se produce en la zona de los destilados medios. Los productos pesados se predicen correctamente, así como los ligeros y el balance.

En el grupo de Figuras 4 se puede visualizar esto; allí se muestra la predicción mediante dos métodos, que se diferencian en el número de crudos de referencia que se emplean para hacer la predicción.

b) Evaluaciones de crudos externas a Repsol-YPF

Crudo Schiehallion (Mar del Norte)

No existen crudos del Mar del Norte de estas características en el banco de datos de referencia (el crudo más parecido que identifica el modelo es el Heidrun, con un parámetro de semejanza en el modelo inferior al 40%). En la figura 5 se representan los resultados obtenidos, comprobándose que aunque el modelo apunta las tendencias en las propiedades, la precisión es muy inferior a la requerida.

c) Mezclas de crudos con un nivel variable de indeterminación en su composición

El algoritmo para la predicción de mezclas de crudos parte de una información de propiedades físicas similar al de crudos individuales (densidad, azufre, viscosidad y, opcionalmente, punto de vertido), pero presenta bastantes diferencias internas. además de encontrarse en una fase de desarrollo inicial.

Con el fin de recoger información para realizar la validación del mismo, el CTE colaboró en la realización de varios test-run de referencia. A continuación se resumen los resultados obtenidos con las dos pruebas realizadas durante el 2002

Test 1 – Tanque con un crudo mayoritario (Arabia ligero)

La primera de las pruebas se realizó con un tanque conteniendo un crudo conocido mayoritario (una campaña de Arabia Ligero), para el que previsiblemente en modelo tendría un buen comportamiento. Para esta prueba no se planteó realizar la correspondiente evaluación experimental en el laboratorio de Tecnología, ya que el objetivo era preparar el procedimiento de toma de muestras y caracterización para las pruebas posteriores.

El laboratorio del CTE proporcionó la caracterización completa de las extracciones de la columna atmosférica y de la preflash, incluyendo curvas de destilación ASTM, mientras que el sistema de información de planta PI proporcionó los caudales necesarios para cerrar los balances de materia y recomponer la curva TBP del crudo.

El laboratorio del CTE realizó el análisis de las cuatro propiedades solicitadas para el crudo (densidad, azufre, viscosidad a 40°C y punto de vertido) durante los tres días que ha durado la campaña (9-11 Febrero de 2002). También se ha dispuesto de la caracterización algunas de las extracciones de las unidades para los dos primeros días, y de todas las extracciones para el 11 de Febrero (densidad y curva de destilación).

La figura 6 representa la comparación de la curva TBP recompuesta de las extracciones laterales de las unidades con los resultados de la predicción del modelo y la última evaluación disponible de Arabia Ligero. Los resultados son muy satisfactorios, a pesar de los errores asociados a la conversión de curvas ASTM en TBP y a la recomposición de las mismas.

Test 2 – Tanque con una mezcla compleja de crudos

La segunda de las pruebas se realizó el 20-21 Febrero de 2002, con una mezcla de varios crudos de diferente naturaleza. En la Tabla I se indican las composiciones aproximadas de

los tanques de alimentación. En este caso se realizó la evaluación experimental de la mezcla de crudos en el laboratorio de Tecnología. Se empleó el Sirtica como crudo de referencia para los cálculos, aunque podría haberse utilizado cualquiera de los crudos mayoritarios en la mezcla. Los resultados pueden visualizarse en la fig.7

4.- CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes encontradas en este trabajo son las siguientes

- La versión 1.0 del modelo repCAPT permite actualizar evaluaciones de crudos existentes en el Banco de Datos
- La precisión de la evaluación calculada es superior a la que se obtendría al emplear la evaluación previa disponible en aquellos casos en los que el crudo ha sufrido una variación de calidad apreciable. En los casos en los que el crudo no ha variado de forma significativa, los resultados son similares al emplear la última evaluación o la generada con el modelo.
- El modelo también permite generar evaluaciones de crudos desconocidos (no existentes en el Banco de Datos), si bien la calidad de las predicciones depende directamente de la existencia de otros crudos de la misma o similar naturaleza en el Banco de Datos.
- Es posible aplicar las conclusiones anteriores a la predicción de evaluaciones de crudos externas a Repsol-YPF, si bien en algunos casos la precisión encontrada ha sido inferior (las correlaciones y algoritmos contenidos en el modelo repCAPT se han generado empleando los datos de las evaluaciones de crudos de Repsol-YPF realizadas en los laboratorios de Tecnología).
- En las pruebas realizadas con mezclas de crudos en tanque, los resultados también han sido satisfactorios, teniendo en cuenta que estos algoritmos se encuentran en la fase inicial de desarrollo. La precisión alcanzada en las predicciones ha sido satisfactoria, aunque ligeramente inferior a la obtenida en la comparación con crudos individuales.
- El modelo repCAPT puede considerarse totalmente operativo para crudos individuales para los que existan referencias en el Banco de Datos, así como para mezclas de crudos de estas características.

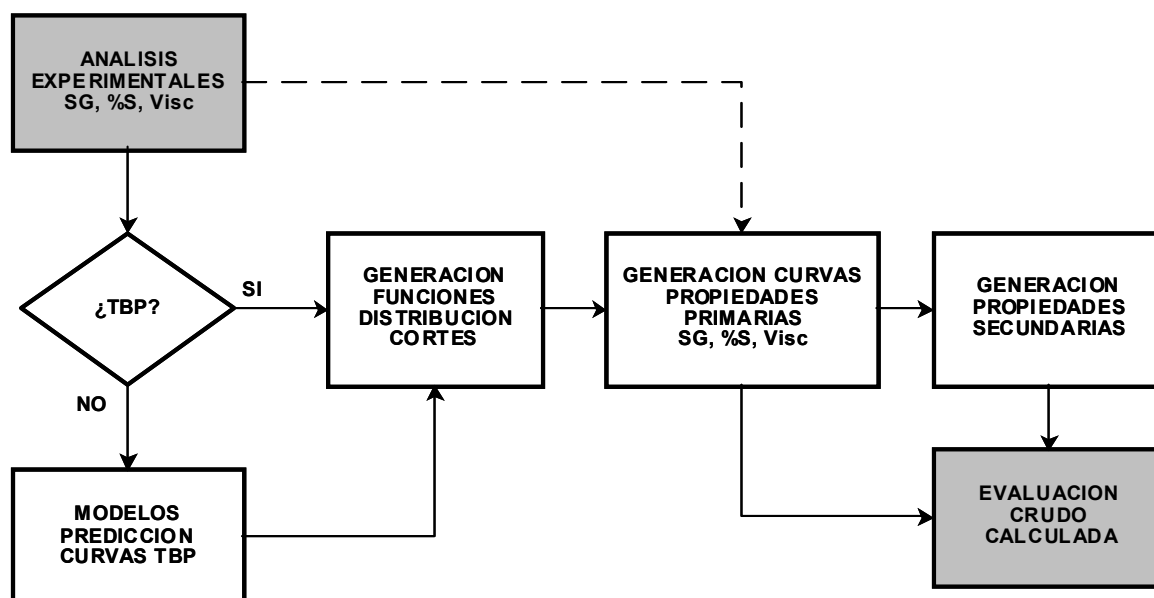


Figura 1. Procedimiento de evaluación de crudos por cálculo

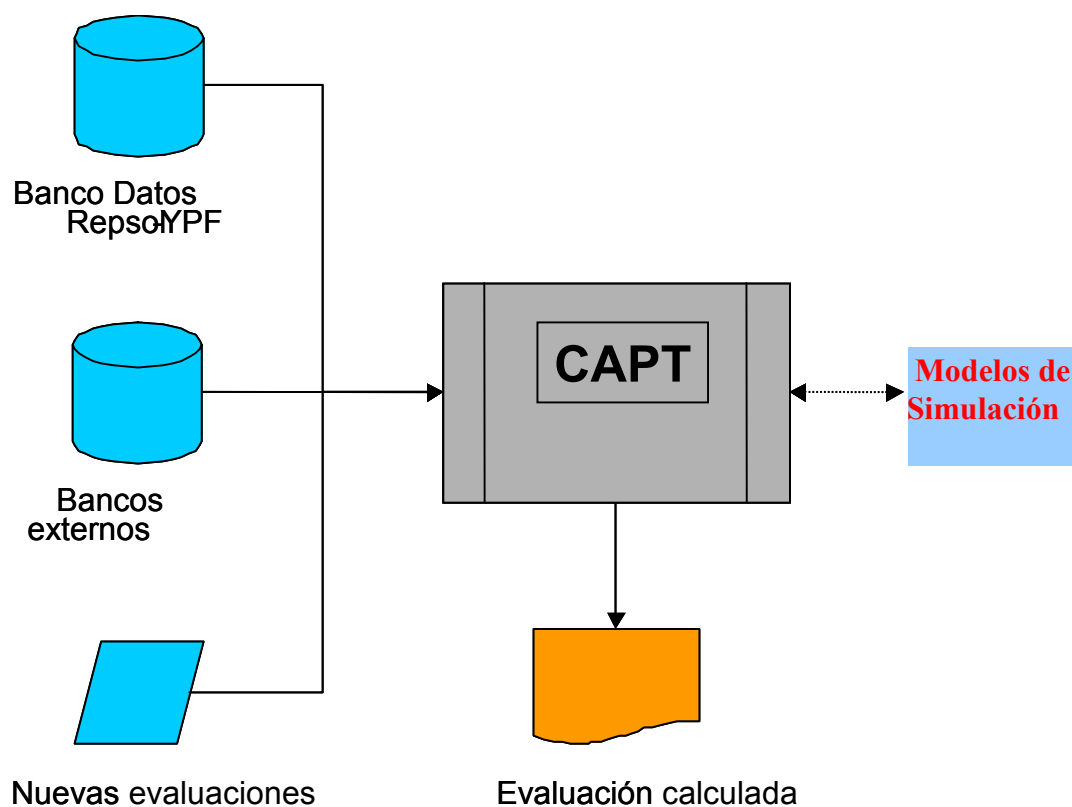


Figura 2. Integración con herramientas de Repsol-YPF

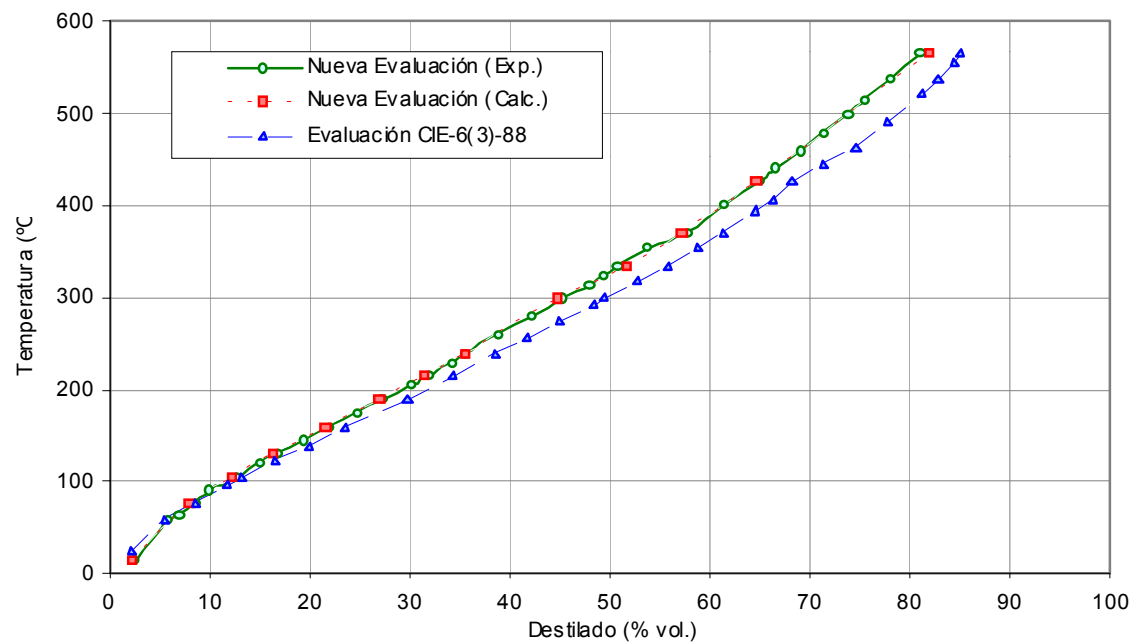
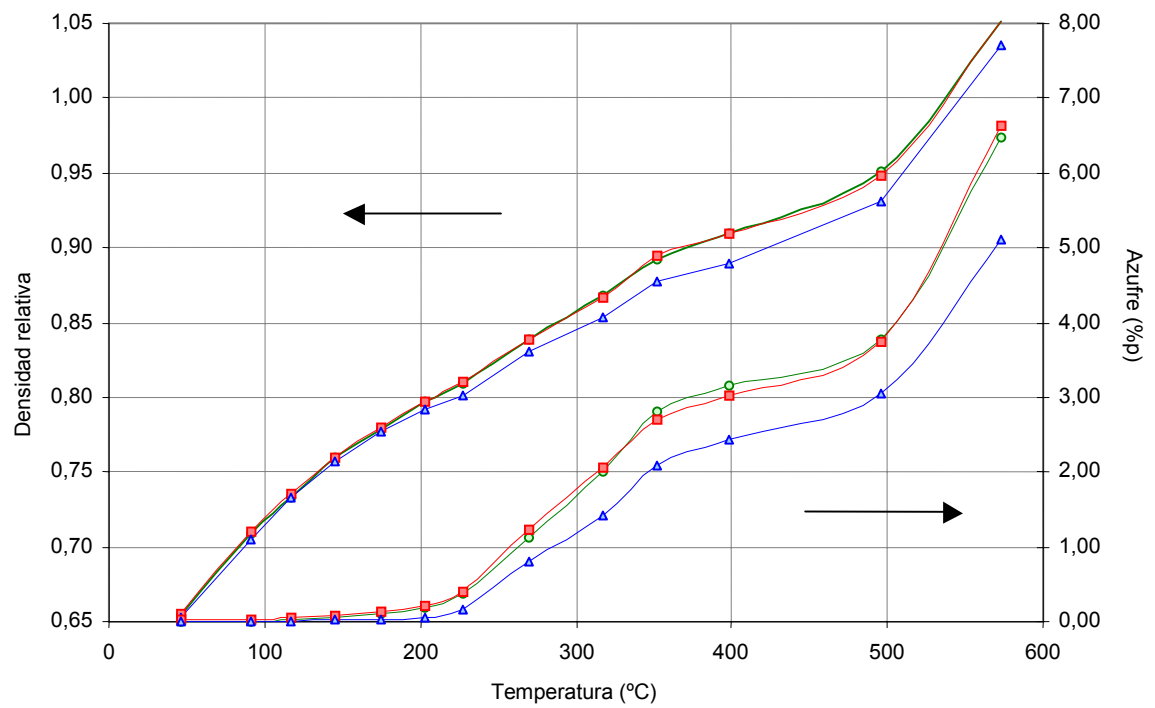
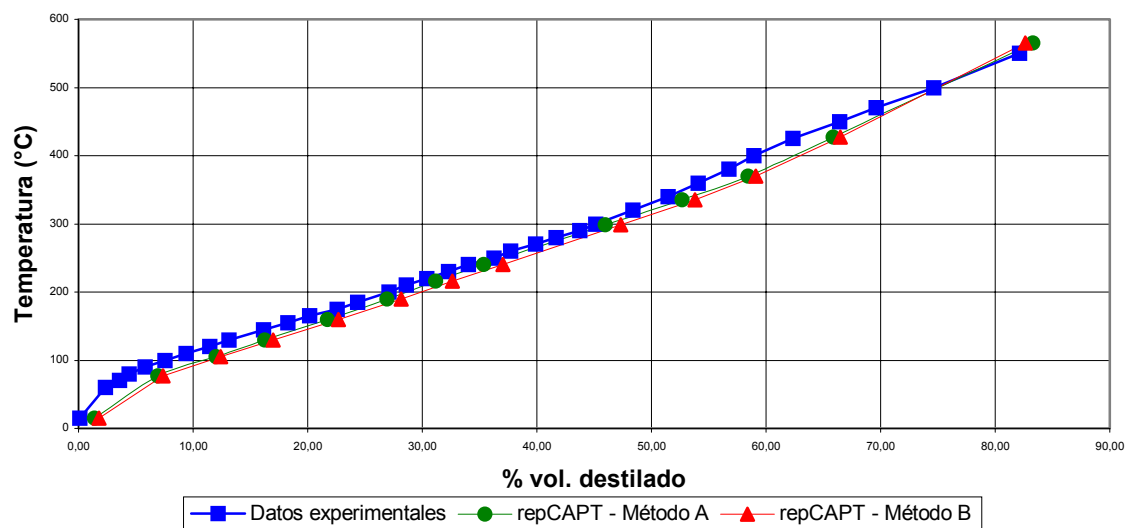
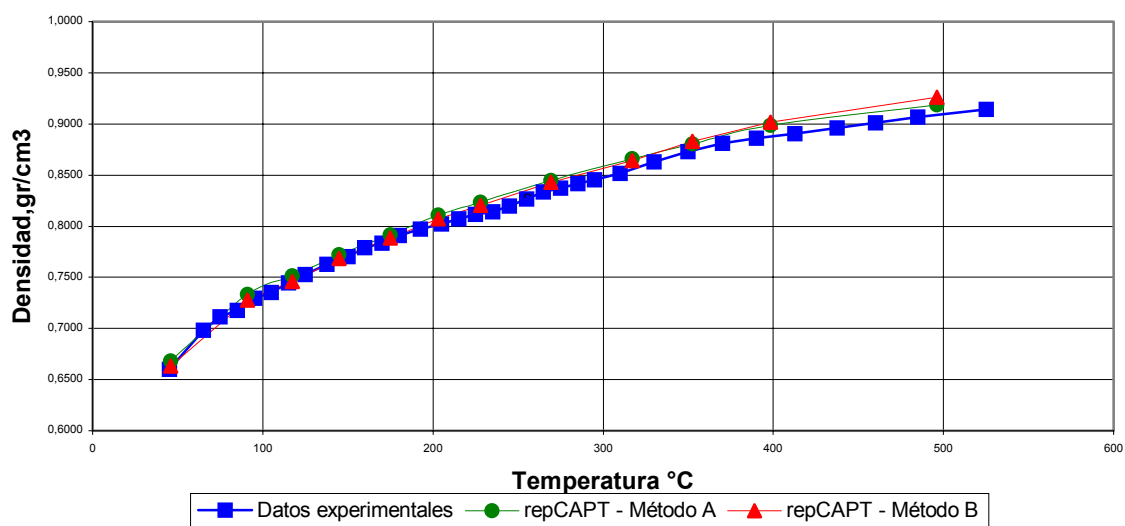


Figura 3. Resultados de la predicción de calidad del crudo Bashra

Curva de destilación T.B.P.



Curva de densidad



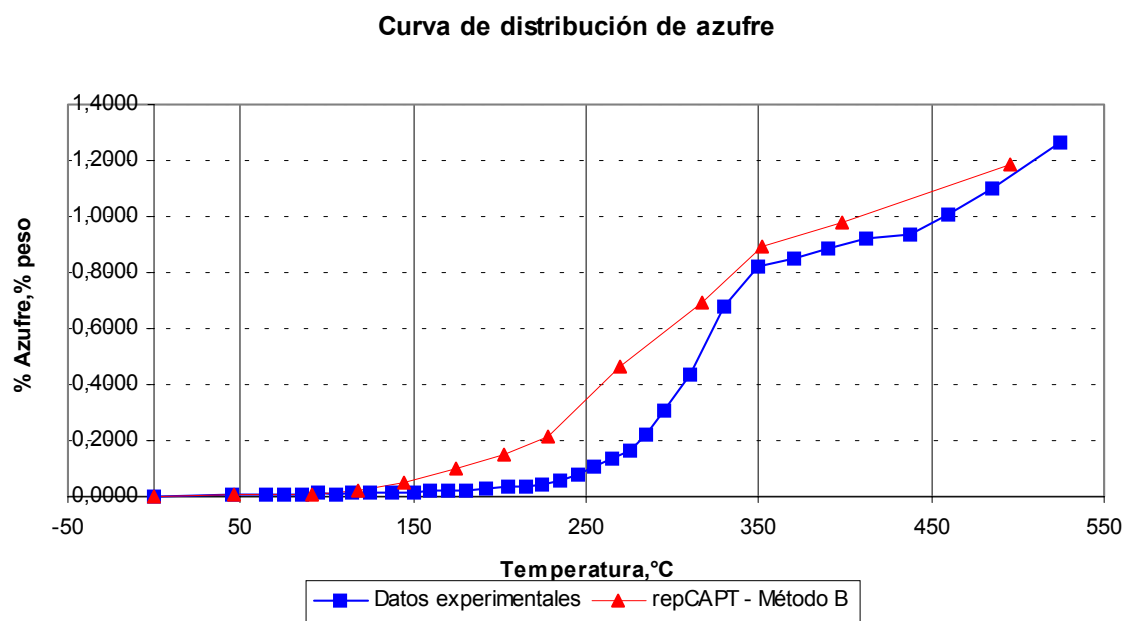
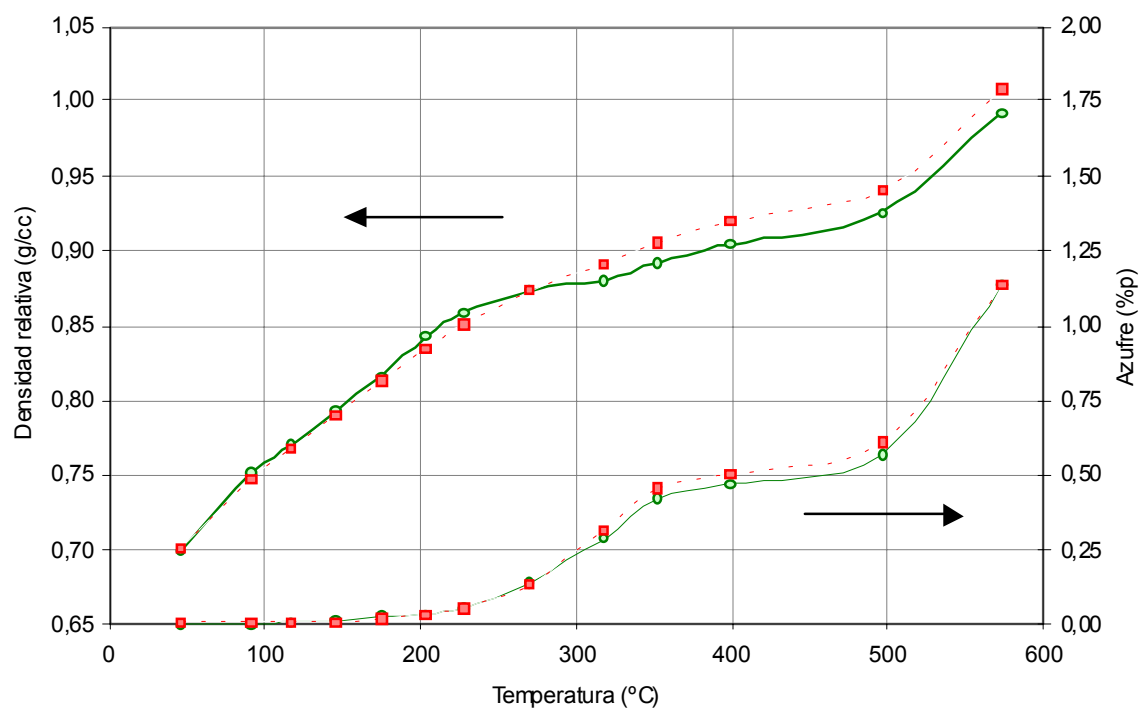


Figura 4. Resultados de la predicción de calidad del crudo Cañadón Amarillo



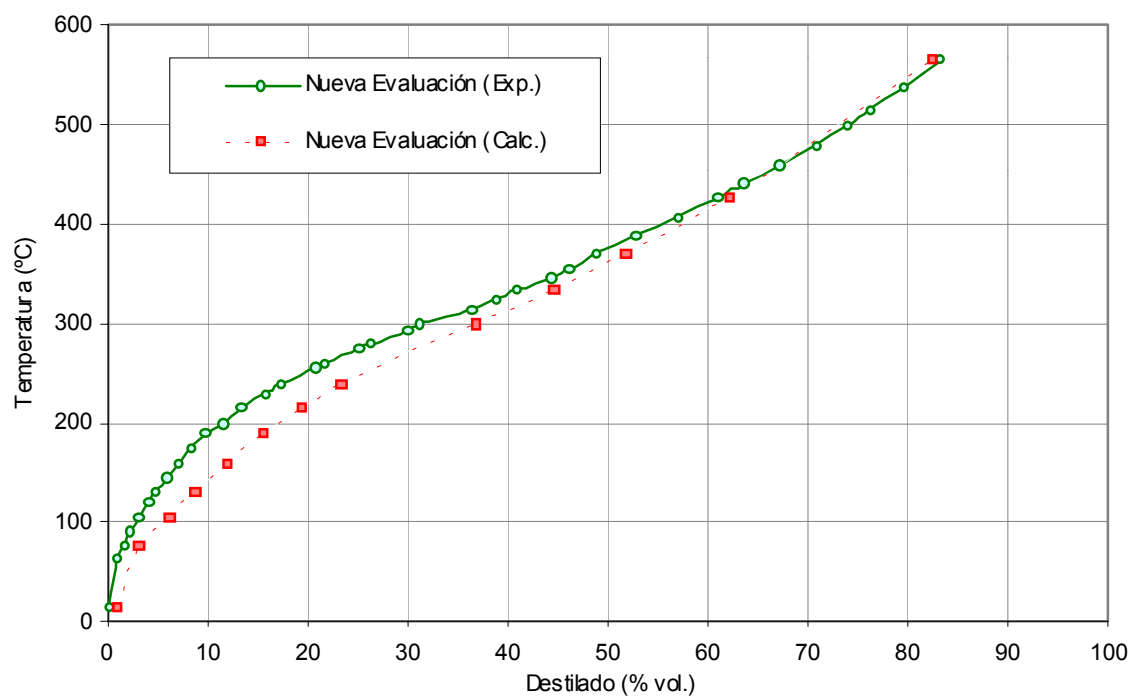


Figura 5. Resultados de la predicción de calidad del crudo Schiehallion

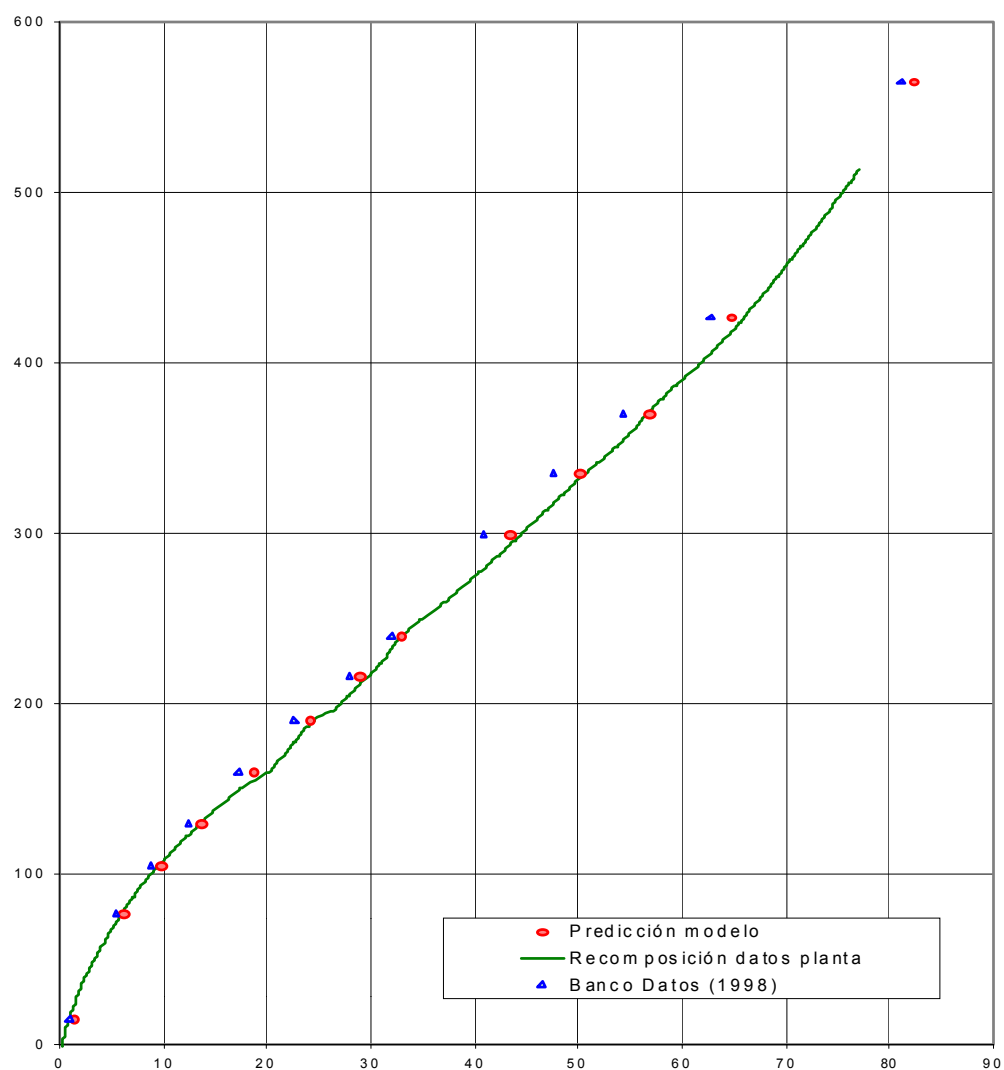


Figura 6. Comparación de predicciones del Test 1

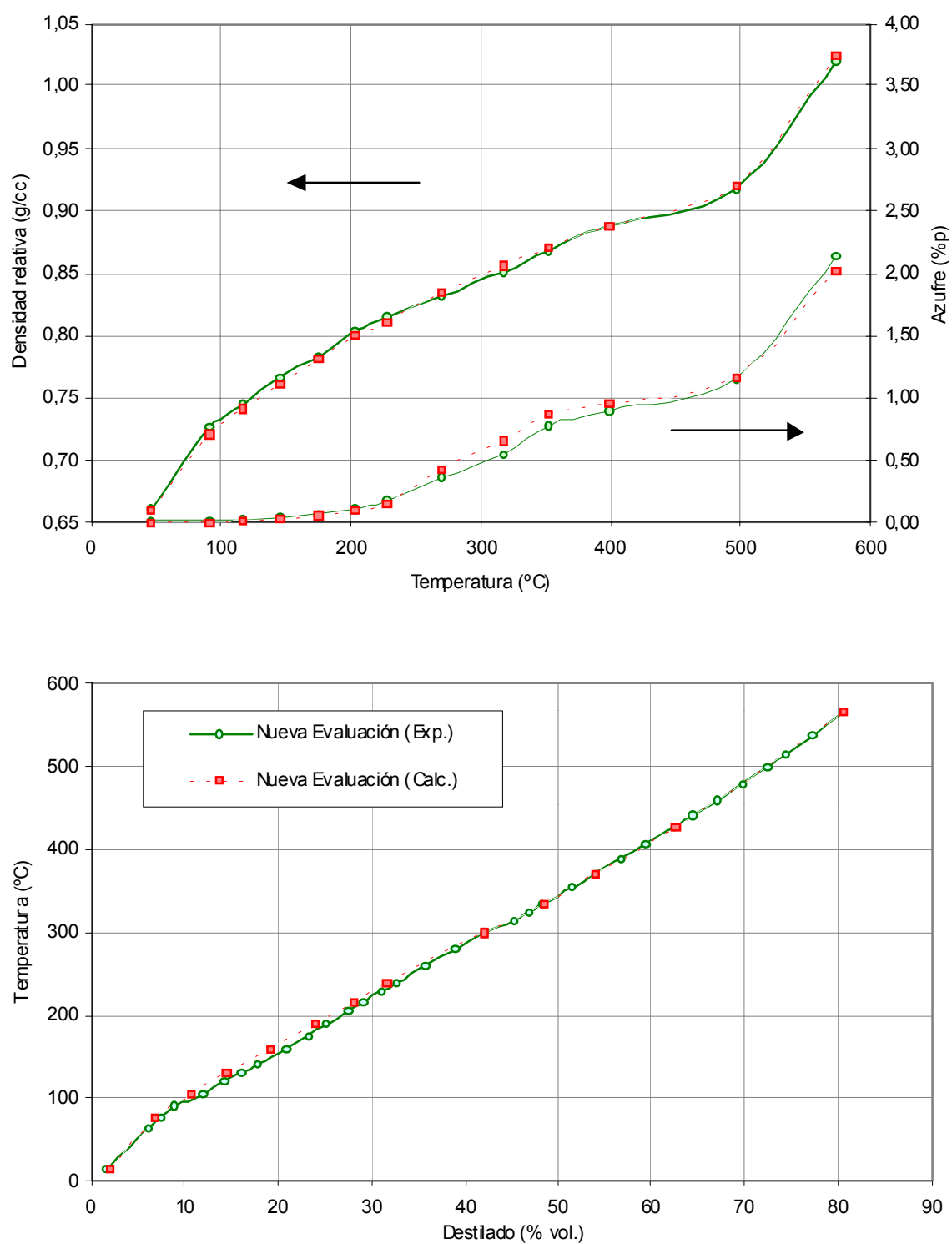


Figura 7. Comparación de predicciones del Test 2