



La planificación como herramienta preventiva en grandes izajes

Por **Pablo Felici**, AESA

Trabajo con
mención especial

En 2008, la Refinería de La Plata remodeló su craqueador catalítico B, una tarea sumamente compleja, ya que implicaba reemplazar el conjunto casquete-ciclones del reactor: todo un desafío para la seguridad. En efecto, se trataba de un izaje complicado por las toneladas de peso, la altura a la que debía elevarse, las consideraciones a la hora de elegir la grúa, la visibilidad escasa, el reducido espacio para operar y, sobre todo, porque la operación debía realizarse mientras la refinería continuaba en plena producción. La remodelación fue un éxito: segura y sin imprevistos. Las claves fueron, sin duda, planificar de modo exhaustivo cada etapa y utilizar herramientas tecnológicas de última generación para medir el riesgo

Cambio de ciclones en el reactor de FCC B de la Refinería de La Plata

Entre diciembre de 2006 y julio de 2008, la Refinería de La Plata llevó a cabo trabajos de refacción en su craqueador catalítico fluidizado (FCC, por su sigla en inglés) B. Se buscaba mejorar la capacidad de procesamiento de la unidad aumentando su carga y su contenido porcentual de residuos en volumen.

La tecnología del sistema de reacción fue actualizada mediante el cambio de las toberas de alimentación y del sistema de ciclones. Para poder procesar la alimentación con un elevado contenido de residuos, se incorporó un enfriador de catalizador al regenerador con el objeto de extraer el exceso de calor liberado durante el proceso de quemado de coque.

Debido a que el compresor de aire no podía proveer suficiente aire de combustión para el elevado contenido de coque, se instaló un compresor suplementario que opera en paralelo con el anterior, además de proveer aire al nuevo enfriador de catalizador.

Alcance de los trabajos

Los trabajos se confeccionaron en dos etapas. En la primera, se desarrolló la ingeniería de detalle necesaria para la instalación del equipamiento nuevo y la ingeniería de factibilidad de los montajes que debían realizarse durante la parada programada, en junio y julio de 2008. A continuación, quedará reflejada con mayor detalle. Por último, se efectuaron los trabajos de obra civil, montaje, alimentación eléctrica e instrumentación de los equipos. Cabe destacar que todas estas tareas se implementaron con la unidad en operación. La segunda etapa consistió en realizar trabajos durante el paro de planta, entre los que se incluye el cambio de casquete y ciclones del reactor de craqueo.

Datos relevantes de la primera etapa

- Montaje de un enfriador de catalizador (120 toneladas)
- Montaje de un colector de vapor (40 toneladas)
- Montaje de un compresor centrífugo
- 375 m³ de pilotaje
- 275 m³ de hormigón armado
- 210 toneladas de estructura metálica modularizada
- 180 toneladas de cañerías montadas
- 336 metros lineales (ml) de cañeros eléctricos subterráneos
- 20.000 ml de cables eléctricos tendidos
- 1440 ml de canalizaciones eléctricas aéreas
- 1100 ml de electroducto 33 kV
- 370.000 horas/hombre directas
- Dotación promedio de 112 personas
- Inicio de los trabajos: diciembre de 2006
- Finalización de los trabajos: febrero de 2008

Segunda etapa: paro programado de la unidad de craqueo catalítico fluidizado (FCC) B

Descripción

Trabajos de interconexión del enfriador de catalizador y cañerías:

En el reactor, nuevos ciclones y casquete; conexión de nuevos instrumentos

Nuevo sistema Atomax de inyección de carga

En el regenerador, reubicación *Manhole 96"*; conexiones del enfriador de catalizador y de nuevos instrumentos

Interconexión de nuevas líneas

Cambio de válvulas deslizantes

Trabajos de mantenimiento de la unidad:

En el reactor, cambio del *riser* interno, reparación envolvente, cambio de refractarios e internos

En el regenerador, cambio de la grilla de aire, reparación de quemadores y del horno de encendido, cambio de refractarios

Cambio del *riser* exterior

Datos relevantes de la segunda etapa

Equipo de izaje para el cambio de casquete y ciclones del reactor: Grúa Liebherr LR 1750 (750 toneladas)

Horas/hombre directas: 145.300

Dotación: 335 operarios

Duración: 42 días (junio y julio de 2008)

Desarrollo

Procedimiento preliminar del izaje y determinación de la grúa

Como se señaló anteriormente, una parte importante de la ingeniería del proyecto tuvo como objeto la factibilidad y la correcta planificación de la operación de desmontaje del conjunto de cabezal y ciclones original del reactor, y el posterior montaje del nuevo conjunto (fig. 2).

Se realizó la búsqueda de la grúa y la definición del procedimiento de desmontaje del conjunto existente, formado por el cabezal superior, una cámara Plenum [1], la terminación del *riser* y los ciclones: conjunto que denominaremos "medusa".

Se llevó a cabo el montaje de la "medusa" nueva considerando como premisas principales que la grúa fuera capaz de izar una carga de 120 toneladas, con un bajo

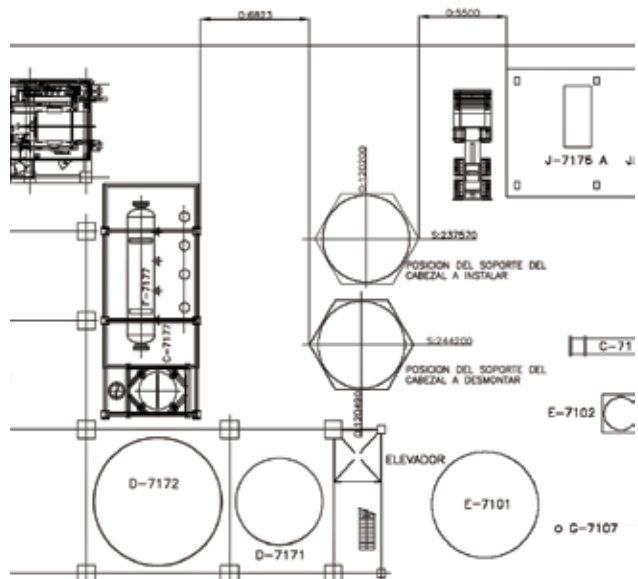


Figura 1. Área de trabajo

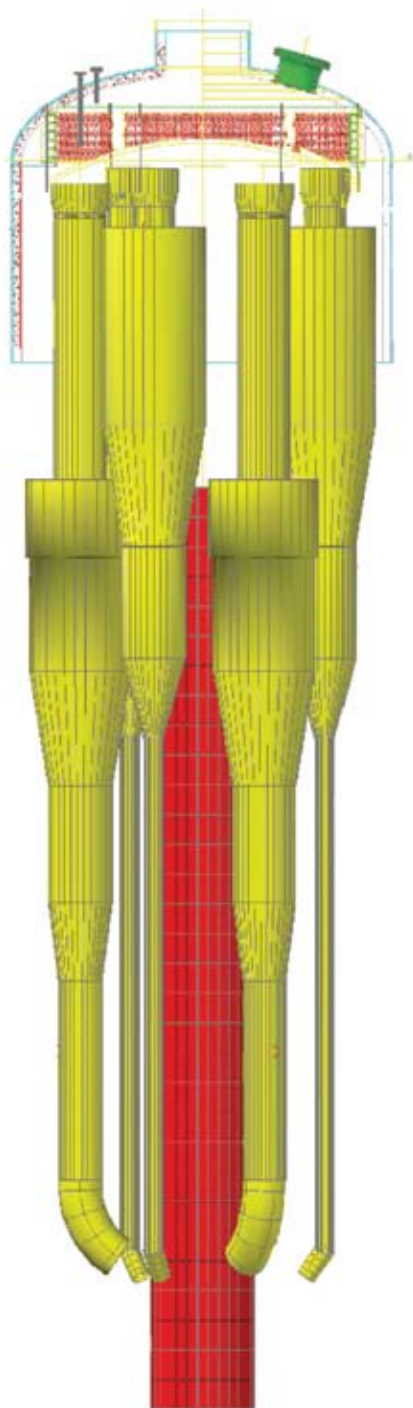


Figura 2. Conjunto de cabezal, ciclones y riser

pluma de unos 90 metros, y que los equipos nuevos ya estuvieran montados al momento de la parada con el fin, justamente, de disminuir la cantidad de tareas durante la detención.

Habiendo analizado la carga que se debía izar y la altura que se debía alcanzar, así como las características del área disponible para la maniobra, se comenzó una búsqueda exhaustiva del tipo de grúa disponible en el mercado local –y en el mundo– capaz de lograr los objetivos buscados. La búsqueda fue amplia y se centró, en primer lugar, en definir el tipo de grúa que debía utilizarse dentro de la amplia

gama de tipos disponibles en el mundo, por ejemplo: sobre camión, reticuladas con tracción a oruga.

La figura 1 muestra el área de trabajo disponible para la operación.

Teniendo en cuenta las características de la maniobra (espacio reducido, posibilidad de carretear con la carga, espacio para el acceso y armado), se seleccionó una grúa sobre orugas. Esta definición se basó en la alta variedad disponible en el mercado, en la buena aptitud para trabajos allí donde la disponibilidad de espacio es una condición limitante y en el hecho de que este tipo de grúa es el más utilizado en maniobras similares en otras refinerías.

Una vez tomada esta decisión, el objetivo fue estudiar –de entre todas las grúas disponibles en el mercado– cuáles podrían cubrir las necesidades de capacidad de izaje y de aptitud de maniobra. Esta búsqueda se dividió en dos frentes: uno técnico, en el cual se evaluaron las características técnicas, y otro comercial, en el cual se evaluaron las mejores condiciones de disponibilidad, tanto en el país como en el exterior, así como los costos asociados.

Las grúas estudiadas y que verificaban las necesidades de izaje y maniobra del proyecto fueron:

Marca	Modelo	Verifica
Liebherr	LR 1100	No
	LR 1350/1	No
	LR 1400/2	No
	LR 1750	Sí
	LR 1800	Sí
Manitowoc	2250	Sí
	16000	No
	18000	Sí
	21000	No
Kobelco	7800	Sí
Versa Crane	CC9600	Sí
Terex Demag	CC 2200	No
	CC 2400-1	No
	CC 2500-1	No
	CC 2800-1	Sí
	CC-5800	Sí

Como puede observarse, existe una gran cantidad de grúas aptas para llevar a cabo la maniobra en cuestión. Sin embargo, el análisis comercial arrojó que la mejor alternativa de grúa era la Liebherr LR 1750 (figs. 3 y 11), ya que podría estar disponible en el mercado local de compañías de alquiler de grúas sobre orugas.

Es importante destacar que este tipo de grúas, así como las enumeradas en el cuadro, permiten modificar su configuración para adaptarla a los requerimientos de maniobra. Teniendo en cuenta este dato y un peso de izaje de 120 toneladas –y basándose principalmente en recomendaciones de los proveedores y operadores de esta grúa–, se seleccionó la configuración SDB como la mejor alternativa para este proyecto, como se observa en la figura 4.

Estudio de interferencias

En esta etapa, una vez elegidas la grúa y la definición preliminar de la maniobra –como lo muestra la figura 5–,

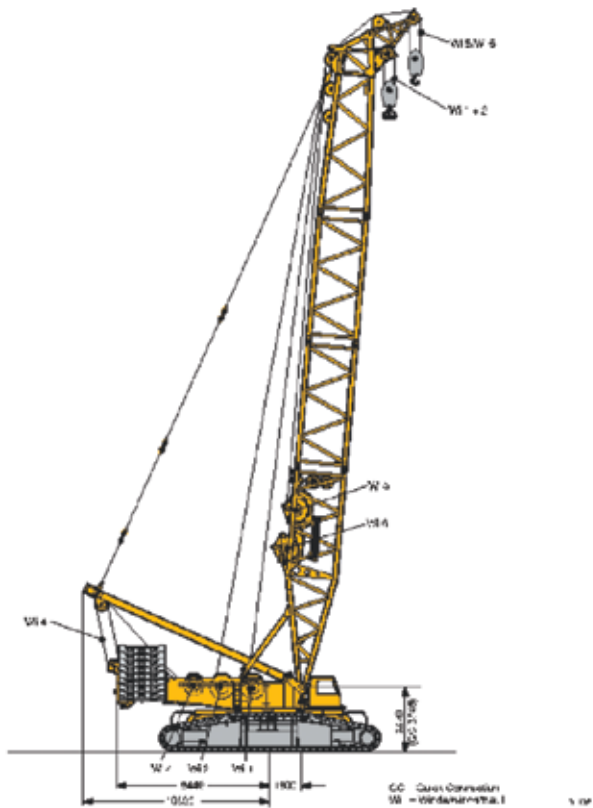


Figura 3. La grúa Liebherr LR 1750

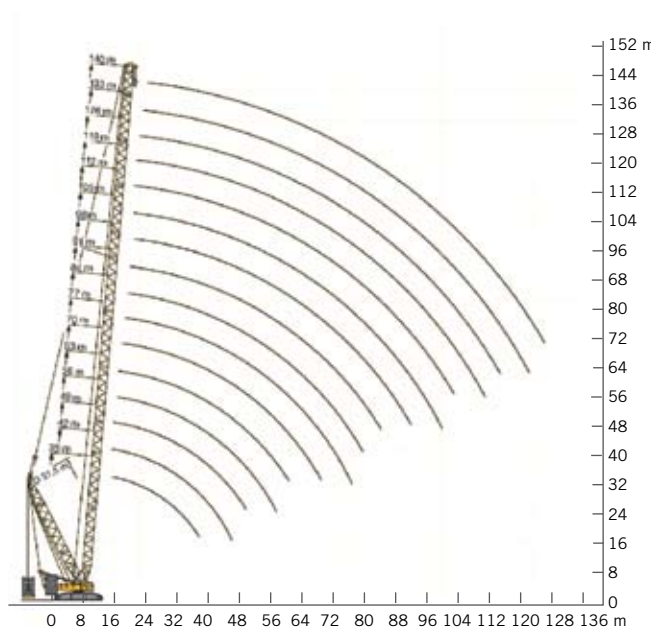


Figura 4. Configuración seleccionada (SDB)

se debía verificar si había interferencias que pudieran obstaculizar los movimientos previstos.

En este punto, se presentó la siguiente dificultad: la unidad había sido construida en la década de los ochenta y, por lo tanto, no se contaba con documentación técnica

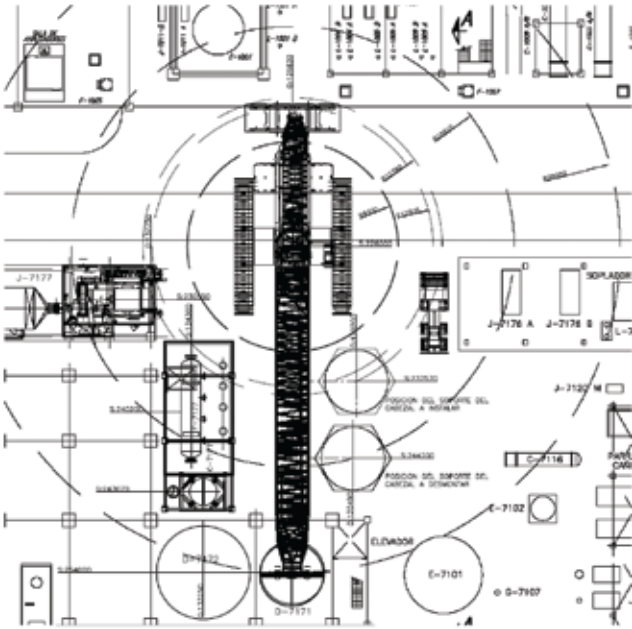


Figura 5. Implantación de la grúa Liebherr LR 1750 en el área de trabajo

en formato electrónico, ni mucho menos en 3D. Por consiguiente, se hacía imposible analizar en forma espacial las distintas posiciones de la pluma y la carga respecto de las instalaciones existentes. Este análisis era de suma impor-

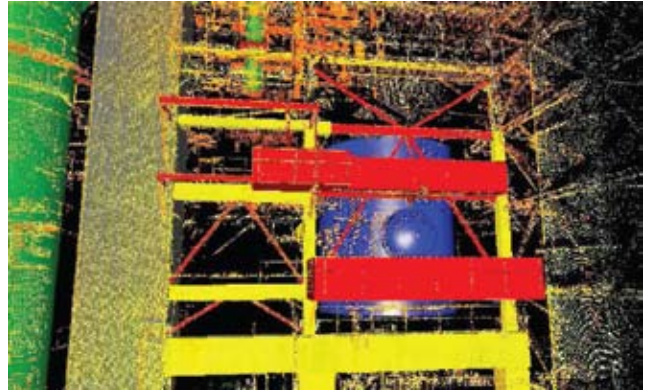


Figura 6. Ejemplo de salida de "nube" de puntos del escaneo láser

tancia si se tenía en cuenta que, al momento de la parada de la unidad de craqueo catalítico, las demás unidades, por ejemplo vacío B, iban a continuar en operación.

Esta dificultad se resolvió mediante un escaneo láser de las instalaciones existentes. El escáner láser es un instrumento que, ubicado en uno o más puntos de las cercanías de una determinada instalación, realiza un barrido con láser siguiendo una cuadrícula determinada y tomando las distancias de cada uno de los puntos de los objetos contra los que impacta. La salida de este escaneo es una "nube" de puntos en el espacio, con sus respectivas coordenadas espaciales, que permite ser exportada a un archivo compatible con programas de tipo CAD (fig. 6).

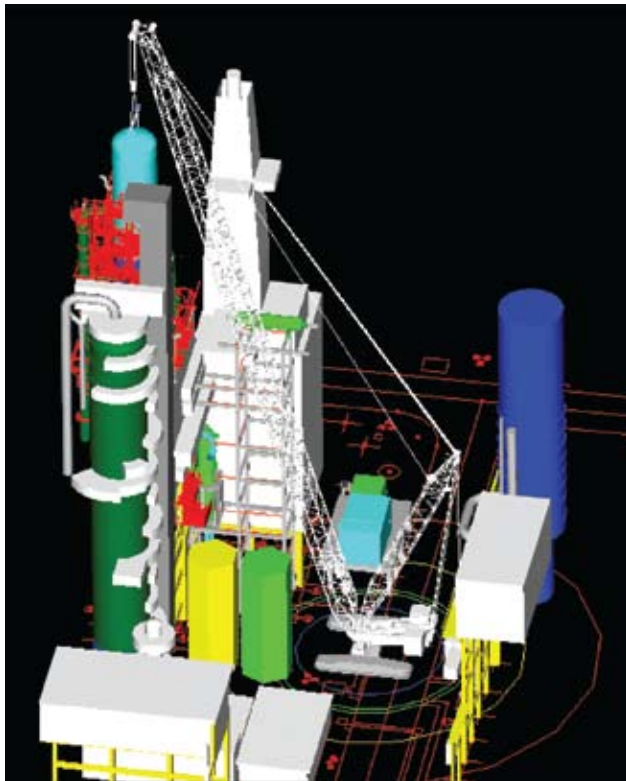


Figura 7. La grúa comienza con la elevación de la “medusa”, ya desvinculada del reactor (Nótese en la parte inferior la estructura –prisma hexagonal– verde, que aloja el nuevo conjunto cabezal-ciclones que debe instalarse, y la amarilla, que recibirá el conjunto desmontado).

La exportación de la nube de puntos obtenida por el escaneo láser a un archivo del tipo CAD es el punto de partida para el modelado en 3D de las instalaciones existentes. Este proceso requiere una gran cantidad de horas/

hombre de proyectistas y modeladores con gran experiencia en este tipo de instalaciones.

Es necesario tener en cuenta que son ellos los que deben interpretar, sobre la base del conocimiento propio, qué tipo de elemento está representado por esos puntos en el espacio, ya sean estructuras de hormigón, perfiles metálicos, plataformas o escaleras, o los recipientes y equipos de la unidad. A partir de esto, se van generando los sólidos espaciales que van dando forma al modelo en 3D.

Una vez concluida la maqueta electrónica de las instalaciones principales que podían interferir con los movimientos del izaje, se procedió a implantar el modelo en 3D de la grúa, provisto por su fabricante. El resultado final está representado en las figuras que se muestran a continuación y que representan las distintas etapas de la maniobra de izaje (figs. 7 y 8).

En estas imágenes, se reprodujo la maniobra, vista desde otros ángulos, y la maniobra en la que la grúa retraía



Figura 8. Planta de la grúa en el área

la pluma hasta extraer la carga de la línea del reactor y así alcanzar el menor radio de giro. De este modo, se pudieron analizar las eventuales interferencias con estructuras de hormigón y plataformas.

Una vez que la medusa fue retraída de la estructura, la grúa debió descender la carga y girar la pluma hacia la izquierda de manera tal de alcanzar la posición de la estructura provisoria, en donde finalmente se apoyaría la medusa existente. Para izar la nueva “medusa”, montada en la estructura provisoria, la pluma de la grúa debe ser retraída hasta un radio de 12,78 m, radio que permite posicionar el gancho justo encima de la nueva medusa para montar.

A continuación, se aplica un procedimiento exactamente inverso respecto del procedimiento recién descrito. Esta secuencia de operaciones fue volcada con el mayor grado de detalle al procedimiento correspondiente, sometido a aprobación del cliente.

Transmisión de cargas al suelo

Del análisis de riesgos realizado, surgió como riesgo importante la posibilidad de colapso del suelo bajo las orugas de la grúa, como consecuencia de las altas cargas superficiales al izar el equipo.

En primera instancia, se procedió a determinar las cargas transmitidas al pavimento. La herramienta utilizada para tal fin consistió en un programa de simulación de los esfuerzos para cada posición de la pluma, provisto por Liebherr. Fue necesario simular cada uno de los pasos de la maniobra ingresando el peso de la carga, la configuración de la grúa, la longitud de la pluma y su ángulo horizontal y vertical, entre otros.

Como resultado de este estudio, se determinó que, en algunas posiciones, se excedían las cargas admisibles de este tipo de pavimentos. Se tuvo en cuenta también el factor de incertidumbre debido al desconocimiento de las condiciones del terreno natural por debajo del hormigón.

Se decidió, entonces, la construcción de una platea de hormigón sobre el pavimento existente a los efectos de distribuir las cargas involucradas en el izaje en un área mayor y de bajar consecuentemente la carga específica. Esta platea debía cumplir con la condición indispensable de ser provisoria, es decir, que se pudiera desmontar con relativa facilidad una vez terminados los trabajos de la parada de planta. Teniendo en cuenta esta condición, se optó por una platea en paños hormigonada sobre una capa de material plástico, que cumplió la función de evitar que el hormigón nuevo se pegara al existente.

Corte del reactor. Elementos para desmontar

Para poder llevar a cabo el desmontaje del conjunto casquete superior, ciclones, terminación del *riser*, cámara Plenum y cámara anticoque, se precisó realizar el corte de desvinculación a una determinada elevación a lo largo de la envolvente. A su vez, para poder extraer el conjunto desvinculado, se debió desmontar la línea de salida de efluentes del reactor, así como las cuatro plataformas superiores y parte de las escaleras que las unen.

En las siguientes figuras, extraídas del modelo en 3D obtenido mediante el escaneo láser, se pueden ver los

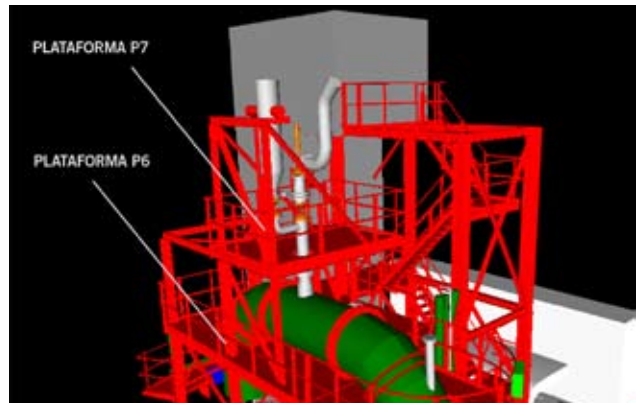


Figura 9. Andamios para el corte

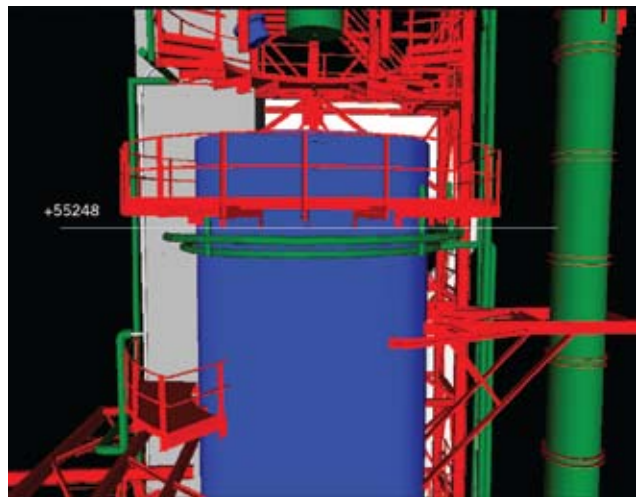


Figura 10. Corte de línea

elementos que eran necesarios desmontar: plataformas y escaleras (figs. 9 y 10).

Como ya se describió, para poder extraer el conjunto casquete superior, ciclones, terminación del *riser*, cámara Plenum y cámara anticoque, se determinó que el corte de la envolvente debía realizarse por debajo de la plataforma P4 a una elevación +55.248 mm (milímetros sobre el nivel del piso). Es interesante destacar que los niveles



Figura 11. La grúa Liebherr LR 1750



Figura 12. La grúa en trabajo

indicados en este diagrama están referidos a un nivel cero que corresponde al nivel +100.000 mm del resto de los diagramas.

Para poder realizar dicho corte en la envolvente, fue necesario el armado de andamios, ya que la plataforma P4 debió ser desmontada. Del análisis del modelo, se observó que, con el objeto de aprovechar dichos andamios y facilitar las tareas de corte, era aconsejable realizar el corte de la línea de salida de efluentes del reactor (línea O10), totalmente alineado con el corte de la envolvente. Además, de esta manera, es posible aprovechar las guías actuales de la línea O10 que se encuentran a una elevación +152.500 mm. Con esto en consideración, el corte de la línea O10 se realizó como se indica en la figura 10.

La principal interferencia posible durante la maniobra de desmontaje de la medusa preexistente y el montaje de la medusa nueva es producida por el monorraíl utilizado para la apertura del paso de hombre del reactor (conexión 1M).

Esta interferencia pudo ser esquivada mediante la recuperación de la pluma de la grúa y mediante el giro de la pluma.

La experiencia de trabajos anteriores similares

Se procuró recoger información de experiencias de operaciones similares realizadas con anterioridad en otras refinерías. A tal efecto, se contó con la co-

laboración de expertos en este tipo de trabajos, quienes transmitieron las lecciones aprendidas frente a imprevistos que se presentaron. ■

Conclusiones

El proceso de planificación expuesto anteriormente dio como resultado una operación de izaje segura y sin imprevistos. En las imágenes, se muestran algunos aspectos de la maniobra de montaje del nuevo conjunto de casquete-ciclones.

[1] Cámara Plenum: cámara o alojamiento que posee el reactor a través de donde pasan los gases antes de salir al exterior.