

# LA IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE COQUIZACIÓN RETARDADA EN UNA REFINERÍA DE PETRÓLEO



## THE INTEGRATION OF THE DELAYED COKING TECHNOLOGY IN AN OIL REFINERY

**Carlos Pascual Román**  
Ingeniero Industrial.  
Petróleos del Norte, S A.

**Recibido:** 16/06/08  
**Aceptado:** 22/09/08

### RESUMEN

La complejidad de un gran proyecto industrial requiere la gestión de numerosos retos. En este artículo se hace una descripción de un proyecto de adecuación de una refinería a las necesidades del mercado mediante la incorporación del proceso de coquización retardada. En su desarrollo se han incorporado las mejores soluciones técnicas disponibles, buscando un proyecto que permita mejorar la calidad de los productos con la máxima eficiencia energética, seguridad y respeto al medio ambiente.

En este caso, a las dificultades propias para el diseño e implantación del Proyecto, se une su necesario encaje con todo el resto de instalaciones existentes en la refinería que exige la modificación de varias de ellas.

También han debido conjugarse el limitado espacio disponible con el máximo respeto al entorno tanto urbano como de ocio, representado por la existencia en las cercanías de una playa y otras áreas de alto valor ecológico.

Se ha considerado prioritario alcanzar el máximo nivel de seguridad, para lo cual se han empleado herramientas que permiten tenerla en cuenta en todas las fases de diseño, con especial atención a la selección y formación del personal que operará la unidad.

**Palabras clave:** Gestión de proyecto industrial, coquización retardada, mejores técnicas disponibles.

### ABSTRACT

*The complexity of a major industrial project involves overcoming numerous challenges. A brief description of a project to adapt a refinery to the market using the delayed coking technology is given. The best technical solutions will be applied to guarantee efficiency, safety and minimal environmental impact.*

*In this case, we must add to the own difficulties for the design and implantation of the Project, the rest of existing facilities in the refinery that demands the modification of several of them. Also we have had to conjugate the limited space available, with the maximum respect to the urban and leisure surroundings, represented by the existence in the neighbourhoods of a beach and other areas of high ecological value. It has been considered high-priority to reach the maximum level of security, for which has been used tools that allow having it in account in every phases of design, with special attention to the selection and formation of the personnel who will operate the unit.*

**Key words:** Industrial project management, delayed coking, best available techniques

### 1.- INTRODUCCIÓN

La industria del sector del refino debe estar en continua adaptación a las necesidades del mercado. La historia del refino de petróleo en España, nacido y desarrollado bajo

control del gobierno, antes de la apertura de los mercados internacionales, muestra que el sector ha sabido adaptarse a la nueva situación: centro de atención de la sociedad y condicionada por las decisiones sociales, económicas y políticas de alcance tanto internacional como local.

**Petronor**, sociedad participada por **Repsol YPF** (85,98%) y la Caja de Ahorros, **BBK** (14,02%), y cuya actividad principal es el refino de petróleo, no se encuentra al margen de estas influencias, siendo además empresa líder y motor económico de la región donde se ubica, en **Muskiz (Vizcaya)**. Fruto de esas necesidades de adaptación al mercado, el promotor impulsa el Proyecto URF (*Unidades para la Reducción del Fuelóleo*), que contempla la adecuación de la estructura de producción de la Refinería a la demanda de mercado, marcada por una significativa reducción del consumo de fuelóleo y por la entrada en vigor de especificaciones de combustibles más exigentes, en línea con la creciente evolución de la demanda de gasóleo. (figura 1)

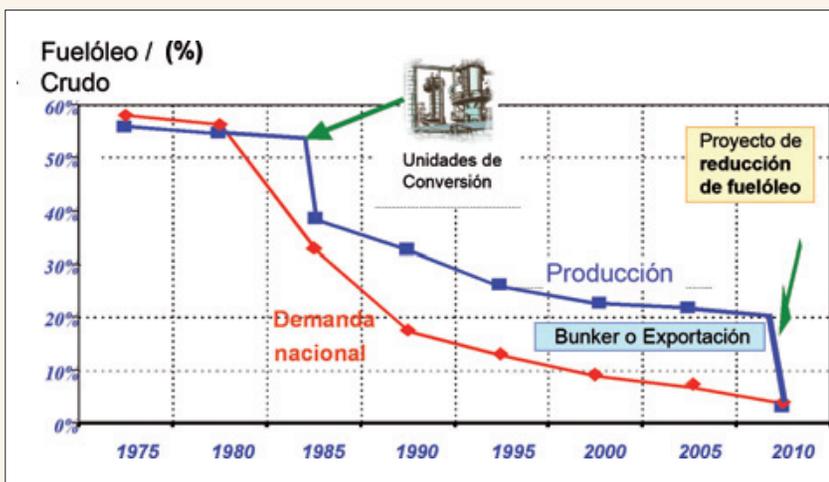


Figura 2: Ajuste de la producción de fuelóleo a la demanda nacional (refinería de Petronor)

cuados, gasolinas y gasóleos. Además, permite mejorar el acceso a materia prima más abundante (crudos más pesados), aumentando la garantía de suministro, obteniendo un nuevo producto sólido, el coque de petróleo. Con este producto, habitual en el sector, la refinería amplía su catálogo de productos comerciales, cuyo

la reducción de contenido de azufre y aromáticos, todas ellas de indudable compromiso medioambiental.

La figura 2 muestra el esfuerzo realizado por la refinería (en azul) en ajustar su producción de fuelóleo a la demanda nacional (en rojo), dedicando el excedente al mercado de exportación.

**Petronor**, como la mayoría de las refinerías españolas, fue fundada en la década de los sesenta (1968) con el objetivo de suministrar fuelóleo al sector industrial. Las restricciones ambientales y la progresiva introducción del gas natural han hecho decaer su demanda. La refinería efectuó su primera gran adaptación al mercado mediante el Proyecto de Conversión (año 1985), trascendental para la continuidad de la compañía. Esa decisión estratégica se ha mostrado muy acertada, dado que de las 62 refinerías sin capacidad de Conversión que existían en 1980, quedan solamente 14 en la actualidad, y ninguna del tamaño de **Petronor** (12 millones de toneladas anuales de capacidad de refino).

Desde entonces sus inversiones han ido encaminadas a la mejora de la calidad de gasolinas y gasóleos y a la minimización del efecto ambiental de los combustibles, reduciendo el contenido de sustancias contaminantes (azufre, benceno, etc) y adelantándose a los plazos marcados por la **Unión Europea**. En la actualidad, sus

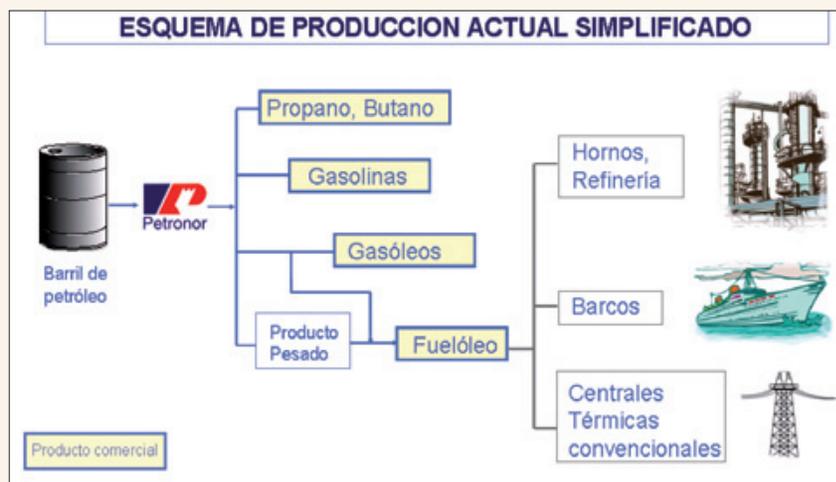


Figura 1: El producto pesado procedente del refino del crudo se mezcla con el gasóleo para obtener un combustible comercial (fuelóleo), empleado en la industria, barcos y centrales térmicas convencionales

Este Proyecto transforma los componentes más pesados del petróleo (denominado en este sector "fondo del barril"), cuyo destino es la formulación de fuelóleo, en productos ligeros de mayor demanda: gases li-

destino habitual es la industria cementera y el sector eléctrico.

El Proyecto incluye las modificaciones necesarias para cumplir las especificaciones de combustibles previstas para el año 2010, entre ellas

inversiones se van a centrar en el ajuste a los requerimientos del mercado, reduciendo la producción de fuelóleo.

El alcance del Proyecto URF es muy amplio: se construirán nuevas Unidades de Proceso, (destacando la Unidad de Coquización) y de Servicios y se remodelarán otras existentes. Además se modificará sustancialmente el proceso de fabricación de fuelóleos, reduciendo su capacidad de producción, para adecuarlo a la demanda actual.

La Unidad se ha diseñado con dos modos de operación a diferentes presiones a fin de alcanzar mayor flexibilidad, pues permite adaptarse a la calidad del crudo disponible para maximizar el rendimiento de productos de mayor demanda, minimizando la producción de coque. Como equipo principal de esta unidad destacan las dos cámaras de coquización (de pared con espesor uniforme y con 9,1 m de diámetro y 43 m de alto). En el interior de este equipo, por la combinación de la elevada temperatura

(próximos a 500° C) y un largo tiempo de residencia, se produce la “conversión térmica”, llenándose la cámara de un lecho sólido (coque de petróleo) y dejando escapar de ella los vapores, que una vez fraccionados y tratados en la sección de concentración de gases (GASCON) se separan en LPG, gasolinas y gasóleos

La Unidad, como el resto de la refinería, opera en proceso continuo. Sin embargo, las cámaras trabajan en ciclos alternativos de 18 horas. Una vez que el coque formado en una de las cámaras alcanza cierto nivel, la carga se envía a la otra cámara, iniciándose la secuencia de depuración, corte y vaciado del lecho de coque formado en la primera. En estos procesos de acondicionamiento y vaciado se han empleado las últimas tecnologías disponibles; incorporando innovadores sistemas de apertura y cierre automático, corte del lecho, etc. Estos sistemas serán supervisados por un sistema de enclavamientos, lo que mejora la seguridad y reduce la posibilidad de afectar al medio ambiente en estas operaciones (figuras 4 y 5).

El lecho de coque del interior de la cámara es cortado con agua a presión mediante una herramienta especial de corte, accionada hidráulicamente, más eficaz que el tradicional

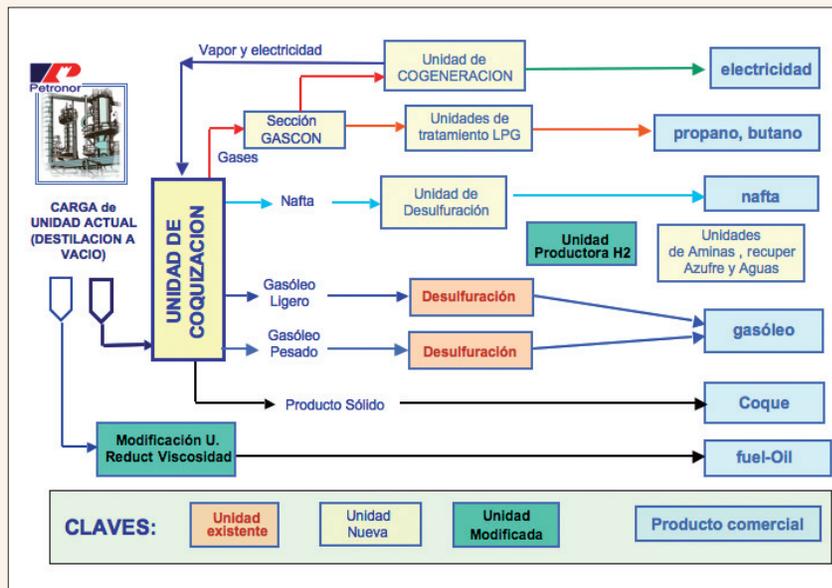


Figura 3: Esquema de unidades de proceso (Proyecto URF)

## 2.- DESCRIPCIÓN DE UNIDADES NUEVAS:

### 2.1.- UNIDAD DE COQUIZACIÓN RETARDADA (250 t/h) de tecnología de licencia Foster Wheeler.

Será alimentada con la corriente procedente del fondo de la Unidad de Destilación a Vacío. Esta corriente actualmente se destina a producir fueloil, previo ajuste de su calidad en la Unidad Reductora de Viscosidad.

La Unidad produce, como cualquier proceso químico de “conversión”, la rotura de las moléculas de elevado peso molecular produciendo toda la familia de hidrocarburos de menor peso: gases y LPG (etano, propano y butano) y nafta, gasóleo ligero (GOLC) y pesado (GOPC) de coquización y coque de petróleo.

### EVOLUCION DE SISTEMAS DE APERTURA INFERIOR DE LAS CAMARAS



**APERTURA MANUAL**



**APERTURA SEMIAUTOMÁTICA**



**APERTURA AUTOMÁTICA**  
Válvula deslizando, con accionamiento hidráulico. Sin riesgos personales ni al entorno.

Figura 4: Evolución de los sistemas de apertura de cámara: pueden apreciarse las ventajas operativas y medioambientales de los sistemas automáticos

diseño neumático. Esta herramienta "dual" primero desciende inyectando verticalmente el agua a presión (perforando el lecho de coque) y una vez efectuada esta perforación central, cambia automáticamente de modo de operación, inyectando el agua radialmente, cortando el lecho. Para ello se emplea una bomba que impulsa 300 m<sup>3</sup>/h de agua a 335 kg/cm<sup>2</sup>. El material desprendido cae a una fosa de paredes muy elevadas que evitan la emisión de polvo y vapor al exterior. Desde ahí, mediante puente grúa, se envía a una tolva para su cribado y molienda, transportándolo mediante cintas tubulares ("pipe conveyor") hasta el parque cerrado de almacenamiento de graneles.

En todo este sistema se han incorporado numerosas mejoras, entre las que destacan:

- La herramienta de corte alterna las posiciones de perforación y corte de manera automática.
- Las válvulas de apertura superior e inferior de las cámaras son automáticas y se operan hidráulicamente.
- Sobre la válvula superior se incorpora, durante la operación de corte, una cubierta protectora móvil que minimizará eventuales emanaciones de vapor (ver figura 5).

La Unidad incluye una sección de recuperación de hidrocarburos líquidos y gaseosos y vapor de agua (denominado sistema de "blowdown") que se generan en las operaciones de preparación y vaciado de la cámara y que son recuperados en la propia unidad.

Para reducir el impacto ambiental y mejorar la recuperación de productos se ha incluido un conjunto de compresores de anillo líquido. Hasta ahora, un efecto típico de las instalaciones de coquización era enviar los gases producidos durante las operaciones de decoquizado al sistema de antorcha para su inertizado mediante combustión. Estos compresores recuperan los gases citados, que son devueltos al proceso.

La Unidad se ha diseñado además con el objetivo de reducir el consumo de agua en estas operaciones: Por ello, tras el corte, el agua pasa a través de unas canales de decantación para su recuperación y reutilización. El reducido aporte requerido para compensar las pérdidas por evaporación se realizará con agua recuperada en el tratamiento de agua de procesos incluido en este Proyecto.

Además, la tecnología empleada permite tratar y recuperar los lodos que se generan en los actuales procesos de depuración de agua de la Refi-

nería, reduciendo sustancialmente el inventario de residuos.

## 2.2.- LA SECCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE GASES

Procesará los vapores de hidrocarburos generados en el proceso de coquización. Se separan diferentes corrientes:

- gas combustible desulfurado, empleado como combustible en los hornos y en una nueva turbina de cogeneración de la Refinería.
- nafta, que se envía a la nueva Unidad de Desulfuración
- propano y butano de calidad comercial.

Esta sección dispone de un compresor axial accionado mediante motor eléctrico. Con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de la unidad, a este compresor se le instalará un variador de velocidad hidráulico. La instalación de este equipo ha permitido una selección más adecuada del compresor, que trabajará cerca de su punto de máximo rendimiento, ajustando su capacidad a los cambios de composición y caudal con la que esta planta está diseñada. Se estima una reducción del consumo energético en 8260 MWh anuales. Además con esta innovación tecnológica se conseguirá un arranque más suave del motor, mayor vida útil del compresor y menores costes de mantenimiento de la planta.

También se han incorporado variadores de frecuencia en aerorrefrigeradores, con posibilidad de efectuar su arranque y parada desde la sala de control.

## 2.3.-DESULFURACIÓN DE GASES LICUADOS DEL PETRÓLEO (LPG)

Depura el propano y butano procedentes de la Unidad de Coquización para que cumplan las especificaciones, extrayendo los contaminantes sulfurados que son enviados a otras unidades para su recuperación como azufre comercial.

## 2.4.- HIDROGENACIÓN DE BUTANO

Permite alcanzar los requisitos del producto comercial. El butano de la unidad de coquización reacciona con

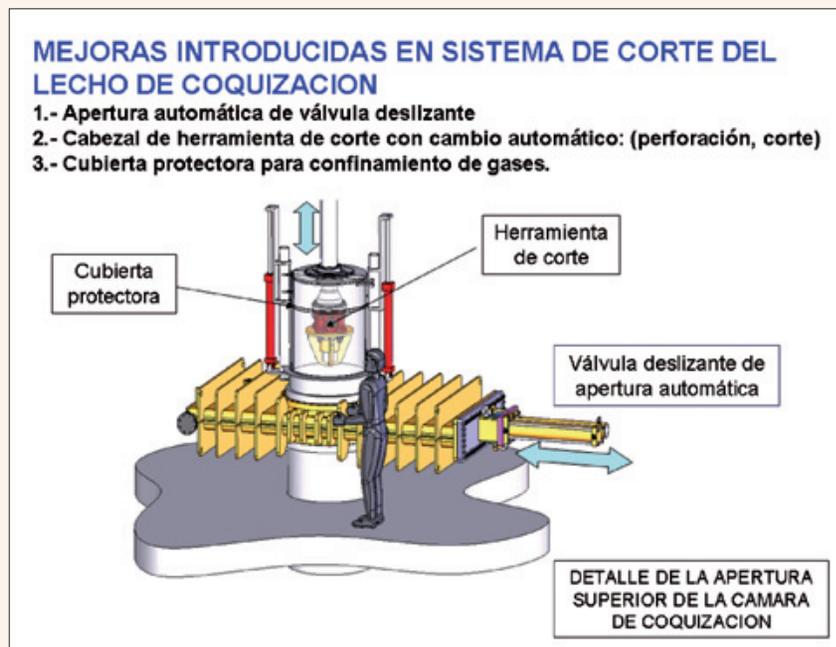


Figura 5: Esquema de la herramienta de corte y del sistema de confinamiento

una corriente de hidrógeno en presencia de catalizador de paladio.

### 2.5.- DESULFURACIÓN DE LA NAFTA DE COQUIZACIÓN

Que reduce el contenido de azufre hasta cumplir la especificación de la industria química. Se trata de un proceso de desulfuración con hidrógeno a alta presión.

### 2.6.- TRATAMIENTO CON AMINAS

Las aminas son solventes utilizados para extraer el azufre (en forma de  $H_2S$ ) que ha sido producido en los reactores de desulfuración. En nuestro caso, se emplea una disolución de metil-dietilamina (MDEA al 50%), novedosa en la refinería, que permite llevar a cabo un proceso de alta eficiencia energética. El gas obtenido (rico en amoníaco y  $H_2S$ ) se envía a las plantas de recuperación de azufre para la valorización del azufre como producto de calidad comercial y la

inertización del amoníaco ( $NH_3$ ) como nitrógeno ( $N_2$ ) y agua ( $H_2O$ ).

### 2.7.- RECUPERACIÓN DE AZUFRE

El aumento del contenido medio de azufre en los crudos procesados y los mayores requisitos de desulfuración de los combustibles obliga a incrementar la capacidad instalada. Se ha incorporado la mejor tecnología disponible alcanzando una recuperación máxima superior al límite legal (98,5%). La planta procesa el gas  $H_2S$ , transformándolo en azufre sólido comercial, que de otra manera sería emitido como  $SO_2$  a la atmósfera en los puntos de consumo. Por ello, esta Unidad constituye una importante medida de protección ambiental.

### 2.8.- TRATAMIENTO DE AGUAS ACIDAS

Depura el agua procedente de las unidades de proceso, permitiendo su recuperación. Se conectará con el

sistema de aguas ácidas existente en refinería para incrementar la flexibilidad del sistema.

### 2.9.- COGENERACIÓN

Producirá el vapor y la energía eléctrica necesarios a partir del gas combustible generado en la unidad de coquización. El excedente de energía eléctrica se volcará a la red exterior. Está basada en una turbina de gas de alta eficiencia, con posibilidad de postcombustión en una caldera de recuperación, donde se produce el vapor que es enviado al proceso.

Aún en el caso de parada de la turbina, la caldera de recuperación funcionará de manera autónoma para potenciar la disponibilidad del vapor al proceso. Para aumentar su flexibilidad, su diseño permite emplear combustibles con gran variación en el índice de Wobbe. Además, incorpora un sistema de enfriamiento de la temperatura de combustión que permite reducir las emisiones de  $NO_x$  más de un 35% respecto a los límites legales.

### 2.10.- SERVICIOS AUXILIARES

Entre las que destacan la distribución de vapor, preparación de agua desmineralizada, torre de refrigeración, infraestructuras eléctricas y de seguridad, etc.

## 3.- UNIDADES EXISTENTES QUE SON MODIFICADAS POR EL PROYECTO:

### 3.1.- REDUCTORA DE VISCOSIDAD

Se dedicará, como hasta ahora, a la producción de Fuelóleo de alto y bajo azufre. Incorpora un innovador cambio en el proceso, que permitirá tratar una corriente muy diferente para la que fue diseñada, cuidando la integración energética y maximizando la recuperación de gasóleos. Además se reduce sustancialmente su capacidad, dando flexibilidad a la operación global de la Refinería.

### 3.2.- PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

Deberá aumentar su capacidad, incorporando un nuevo reactor. El empeoramiento de la calidad de los crudos

## ASPECTOS ENERGETICOS: INCREMENTO DE EFICIENCIA

### Nueva cogeneración mediante turbina de gas

El consumo energético previsto asociado al Proyecto URF asciende a 16 MW eléctricos y 4,5 t/h de combustible equivalente. La considerable demanda de vapor y energía eléctrica, así como la elevada generación de combustible gaseoso, son los elementos claves que justifican instalar una nueva Unidad de Cogeneración, complementaria a las existentes. La nueva Unidad producirá 43 MW, por lo que una vez satisfecho el déficit actual de la refinería, permitirá enviar a la red eléctrica general unos 15 MW. El vapor excedentario resultante en el balance neto permitirá reducir la producción en las calderas actuales, aumentando la eficiencia energética global del complejo. La caldera de recuperación dispondrá de postcombustión, soplante y diverter para garantizar la producción de vapor, incluso bajo mantenimiento de la turbina de gas.

La refinería actual, importadora de energía eléctrica, dispone de dos instalaciones de cogeneración (turbina de gas y turboexpansor). El conjunto final debe garantizar la disponibilidad del suministro eléctrico por lo que se ha dotado de un sistema automático que, ante fallo de la red, formará una "doble isla" ajustando cargas y coordinando el funcionamiento de los tres sistemas de generación eléctrica.

La unidad de cogeneración puede emplear combustibles con más de 25% de hidrógeno, alcanzando un rendimiento eléctrico equivalente muy superior al límite legal. De esta manera, la incorporación de esta instalación, permite reducir la emisión de  $CO_2$  en un 45 % respecto a lo que emitiría una caldera y una central térmica convencionales equivalentes. Además dispone de un sistema de enfriamiento de llama que permite reducir más de un 35% las emisiones de  $NO_x$  respecto a lo que permite la ley.

disponibles en el mercado y la gran calidad exigida a los productos, obliga a incrementar la capacidad de desulfuración, proceso en el que el hidrógeno es imprescindible. Su proceso de producción se basa en mezclar vapor de agua con la materia prima y calentarlo a 800 °C en presencia de catalizador, donde se produce la reacción principal. A continuación, en etapas posteriores, se incrementa la pureza del hidrógeno hasta más del 99,8%.

**3.3.- OTRAS UNIDADES MODIFICADAS**

Debido al gran alcance de las modificaciones en la refinería, es necesario acometer adaptaciones en otros equipos, sistemas o unidades, incorporando las mejores tecnologías disponibles.

**3.4.- PARQUE DE TANQUES**

Se construirán tres nuevos tanques. Además, el cambio en la estructura de producción, con menor necesidad de almacenamiento de fuelóleo y una mayor producción de destilados, obliga a una reorganización completa del parque de tanques, cambiándolos de servicio y aumentando la rotación de inventarios.

**4.- OTROS SISTEMAS QUE ES NECESARIO MODIFICAR POR EL PROYECTO:**

Dado el extenso alcance del Proyecto, que se integra a todos los niveles en las instalaciones actuales de la refinería, son numerosos los sistemas e infraestructuras que deben ser adaptados al nuevo esquema. Entre otros caben citar los sistemas de seguridad, detección y protección contra incendios, el sistema de alivio a antorcha, comunicaciones, infraestructuras de suministro y distribución de servicios auxiliares, las líneas de interconexión entre unidades, almacenamiento y expedición de productos, el cargadero de camiones de graneles sólidos, etc.

El Proyecto supone la obtención de un nuevo producto, el coque de petróleo, que será distribuido mediante camiones hasta las instalacio-

**ASPECTOS AMBIENTALES: EMISION DE PARTICULAS**

**Tecnología aplicada en el almacenamiento y expedición de coque de petróleo.**

Uno de los retos del Proyecto es alcanzar el mínimo efecto sobre el entorno. Se ha mantenido especial atención a minimizar la formación de polvo debido al manejo del coque, efectuando numerosos esfuerzos de diseño, ingeniería, detección e incorporación de tecnología apropiada para cumplir el objetivo marcado.

El lecho de coque cortado mediante agua a presión en las cámaras de coquización se descarga al foso de decantación, donde se separa la mayor parte del agua utilizada en el corte, siendo reutilizada tras un proceso de eliminación de finos. El coque es recogido mediante puente grúa y se transfiere al sistema de tolva, criba, separador magnético y molino. El coque molido se transporta en cintas flexibles de tipo tubular (que se cierran sobre sí mismas mediante un sistema de rodillos, formando un tubo y evitando la salida de polvo) hasta el edificio cerrado de almacenamiento final donde se incluyen silos para carga de camiones. Se incorporan filtros de alta eficacia en el edificio y sistema de niebla seca, que forma un cono de agua que confina y abate el posible polvo formado en el punto de vertido.

**DETALLE DE CINTAS TUBULARES**



*Fig 6: esquema de funcionamiento una cinta tubular ("pipe conveyor")*

El sistema de carga a camiones incorpora trompas telescópicas de descarga que van adecuando la altura de vertido sobre el remolque del camión. Además están dotadas de unas pletinas internas que reducen la velocidad de caída del material y de un sistema de aspiración de polvo alrededor de la boca de descarga.

Los propios camiones (cabinas y remolques) serán diseñados para reducir el ruido, emisiones y fuga de polvo. Para autorizar y controlar la carga de camiones se empleará la identificación de matrículas mediante "cámaras inteligentes".

En conclusión, el movimiento del coque sólido, desde su salida de la cámara de coquización a su expedición por mar desde el Puerto de Bilbao, se ha diseñado para minimizar la emisión de polvo a la atmósfera y atenuar la contaminación acústica. Estos aspectos han sido contrastados mediante una simulación del efecto ambiental realizado por empresas especializadas.

nes portuarias próximas, para su expedición marítima. Para ello se han acondicionado accesos, trayectorias y áreas de espera buscando el mínimo efecto sobre el entorno.

La presencia de nuevos productos y unidades requiere ampliar la infraestructura del Laboratorio, dotándolo de sofisticados equipos, con capacidad de medida próxima a los umbrales técnicos de detección.

Todo ello requiere la formación y coordinación de las personas que van a operar y mantener estas instalaciones, incorporando las últimas tecnologías para alcanzar el elevado ratio de disponibilidad requerido.

### 5.- SEGURIDAD

Existe una Normativa cada vez más desarrollada al objeto de compatibilizar la actividad industrial con la protección y seguridad del entorno. Como no puede ser de otra manera, las nuevas instalaciones incluirán medidas de Seguridad Laboral e Industrial, y protección contra incendios de acuerdo a la legislación vigente y los estándares internacionales más rigurosos. Se han llevado a cabo estudios como Análisis SemiCuantitativo y Cuantitativo de Riesgo para las nuevas Unidades, Análisis Funcional de Riesgos y Operabilidad (HAZOP), Estudio de Alcance de Consecuencias y, entre otros, cuyas conclusiones han sido asumidas, en la fase de diseño y la implantación. Los nuevos Sistemas de Seguridad Activa, Detección de Fuego y Gases de las nuevas unidades se diseñarán de acuerdo a normativas y especificaciones de Seguridad internacionalmente reconocidas.

### 6.- MEDIO AMBIENTE

En el Estudio de Impacto Ambiental efectuado se ha simulado la inmisión de contaminantes primarios ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y partículas) y secundarios (ozono y compuestos orgánicos volátiles-COVs), así como el efecto del vertido en mar abierto, del penacho de la torre de refrigeración y del ruido producido. Para ello, se han seleccio-

#### CUADRO RESUMEN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES DE LA INSTALACION DE LA TECNOLOGIA DE COQUIZACION RETARDADA

**RESIDUOS:** Los únicos residuos originados son los habituales del refinio; lubricantes, catalizadores gastados, etc que serán sometidos al tratamiento adecuado siendo retirados por el suministrador o gestor autorizado. La unidad de Coquización dispondrá de mejoras que permitirán procesar los lodos de la planta de Depuración de Aguas de Refinería, reduciendo a más de la mitad los residuos sólidos producidos actualmente en la misma.

**EMISIONES DE  $\text{SO}_2$ :** la tecnología empleada en los sistemas de depuración del combustible utilizado y la eficacia de la planta de recuperación de azufre, permiten alcanzar emisiones muy inferiores a las permitidas por la ley. El resultado final es que se evita emitir a la atmósfera unas 160.000 t anuales (recuperados como azufre comercial), casi 200 veces más del  $\text{SO}_2$  que se emite en los nuevos focos de combustión.

**EMISIONES DE  $\text{NO}_x$ :** con la tecnología de quemadores de baja emisión en hornos y el sistema de enfriamiento de llama en la turbina de gas, la nueva instalación emitirá un tercio menos de lo permitido por la legislación vigente.

**EMISIONES DE PARTICULAS:** se ha hecho especial hincapié en la dotación de los recursos necesarios (cintas tubulares, filtros, niebla seca, trompas telescópicas, etc) para limitar la emisión de polvo a la atmósfera. Los modelos permiten verificar que se cumplen muy ampliamente los límites legales.

**CONSUMO DE AGUA:** La instalación busca la máxima recuperación del agua, efectuando una gestión de los procesos de depuración, que permiten reducir su consumo.

**CONTROL AMBIENTAL:** Se instalan analizadores de control medioambiental de  $\text{O}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{COV}$ 's, partículas, etc. Los valores registrados se comunicarán en continuo con la red de la Calidad del Aire del Gobierno Vasco para control y seguimiento remoto, como se hace actualmente.

#### Valores Horarios máximos estimados de $\text{SO}_2$



**Límite Legal:**  
350 microgr/m<sup>3</sup>

Valor Máximo aportado (según el modelo): 20 microgr/m<sup>3</sup>.

**Valores obtenidos en las cabinas de control más próximas (Modelo + nivel medido actual):**

- Abanto: 77 microgr/m<sup>3</sup>
- Muskiz: 86 microgr/m<sup>3</sup>
- Zierbena: 67 microgr/m<sup>3</sup>

Figura 7: Vista aérea del entorno de la instalación. Resultado del modelo de inmisión: Valores máximos horarios de  $\text{SO}_2$

La gestión de un proyecto supone enfocar adecuadamente sus claves, identificando y gestionando los riesgos para alcanzar el objetivo final: máxima seguridad, mínimo impacto ambiental, coste y plazo.

nado consultoras de máxima experiencia, que han empleado los modelos más sofisticados reconocidos, concluyendo que apenas hay aportación a los niveles de inmisión en el entorno y en todo caso, son muy inferiores al límite legal.

La figura 7 muestra gráficamente las conclusiones obtenidas del modelo de simulación en lo referente a la contribución máxima horaria de **inmisión** de  $\text{SO}_2$  (medido en  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ), considerando valores reales y superponiendo los estimados por el modelo. Se considera un área

### 7.- IMPLANTACIÓN

Un aspecto determinante con implicaciones en la facilidad de construcción, operación, mantenimiento, maximización de la eficiencia energética y seguridad y en la minimización del efecto ambiental sobre el entorno es la óptima implantación de los equipos y de las unidades.

Con ese fin, se potencia la aplicación de nuevas tecnologías de diseño que permiten el análisis de constructividad e interferencias, estudiando incluso aspectos de ergonomía, seguridad, etc (figura 8)

nístico, que se ha ido acercando a la actividad industrial. En el caso de **Petronor**, en la proximidad a espacios de gran valor ecológico y de una de las playas más concurridas de **Bizkaia**.

La adopción de las mejores técnicas actuales permite superar el reto de la industria y hacer posible compaginar su actividad con el entorno social, alcanzando el desarrollo sostenible.

### 8.- PROGRAMA DE EJECUCIÓN

Otro elemento clave para el éxito de un Proyecto es optimizar el programa de ejecución, lo que reduce la necesidad de recursos humanos, técnicos y financieros, siendo un factor determinante en la rentabilidad del mismo. La etapa más visible es un proyecto es la construcción del mismo, pero la duración del proceso completo puede ser dos y tres veces superior.

En este caso, la duración estimada desde la Autorización Administrativa hasta la puesta en marcha es de 26 meses. Sin embargo, desde que se decidió abordar la solución al problema empresarial hasta superar las diferentes fases (plan de negocio, estudios de viabilidad, ingeniería conceptual, básica y de detalle, construcción y puesta en marcha) se habrán superado 7 años. La figura 9 muestra un esquema de las etapas típicas de un proyecto industrial.

La inversión estimada del Proyecto asciende a **752.000.000** Euros. Creará un promedio de 1500 empleos durante la construcción y unos 100



Figura 8: Maqueta electrónica de las nuevas instalaciones:

de 40 km de lado, centrado en la refinería. Los niveles alcanzados son muy inferiores al límite legal.

Estos objetivos deben ser compatibles con lo limitado del espacio disponible y la presión del entorno urba-

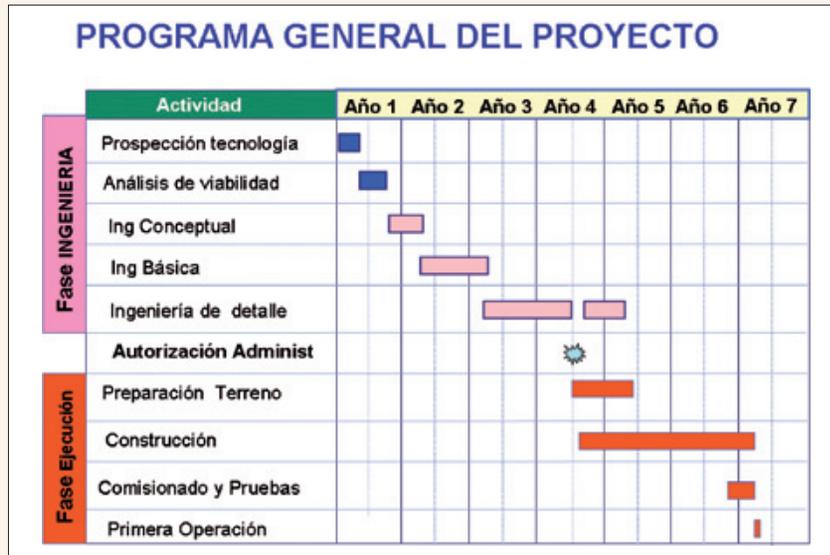


Figura 9: Programa típico de un proyecto de Coquización Retardada

empleos directos y 240 indirectos durante su funcionamiento.

### 9.- LA GESTIÓN DE LOS RETOS

La gestión de un proyecto supone enfocar adecuadamente sus claves, identificando y gestionando los ries-

gos para alcanzar el objetivo final: máxima seguridad, mínimo impacto ambiental, coste y plazo. Para ello debe incorporar las mejores tecnologías disponibles y garantizar su operatividad y facilidad de mantenimiento futuro, para lo cual es básico establecer un adecuado plan de formación.

Otro elemento clave para el éxito de un Proyecto es optimizar el programa de ejecución, lo que reduce la necesidad de recursos humanos, técnicos y financieros, siendo un factor determinante en la rentabilidad del mismo

En definitiva, el equipo de coordinación y gestión del Proyecto debe conseguir que toda la organización esté focalizada e implicada, participando en el momento adecuado y preparándose para la puesta en servicio. Por esa razón es necesario establecer canales efectivos de cooperación y comunicación entre todos los agentes participantes.

### 10.- BIBLIOGRAFIA

- Foster Wheeler USA Corporation, <http://www.fwc.com> [Consulta 15 julio 2008]

- ConocoPhillips, <http://www.conocophillips.com> [Consulta 15 julio 2008]

- Lummus, <http://www.lummus.cbi.com> [Consulta 15 julio 2008]

- Coking.com <http://www.coking.com> [Consulta 15 julio 2008]

- Lieberman NP, , Good Operating Techniques Improve Yield, Increase Gas-oil Production, *Oil and Gas Journal*, March 10,1986.

- IPPC. Reference document on Best Available Techniques for mineral oil and gas refineries. European Commission: Sevilla, 2003. 490 p.

- BARCENA Igor. "El sistema de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en Europa". *DYNA Ingeniería e Industria*. Diciembre 2003. Vol 78-9. p.56-58

- IPPC. Reference document on Best Available Techniques on emissions from storage. European Commission: Sevilla, 2006. 432 p.

- Ministerio de Medio Ambiente. Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Refino de petróleo. Madrid: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, 2004. p.257 ISBN: 84-8320-259-X ■