



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

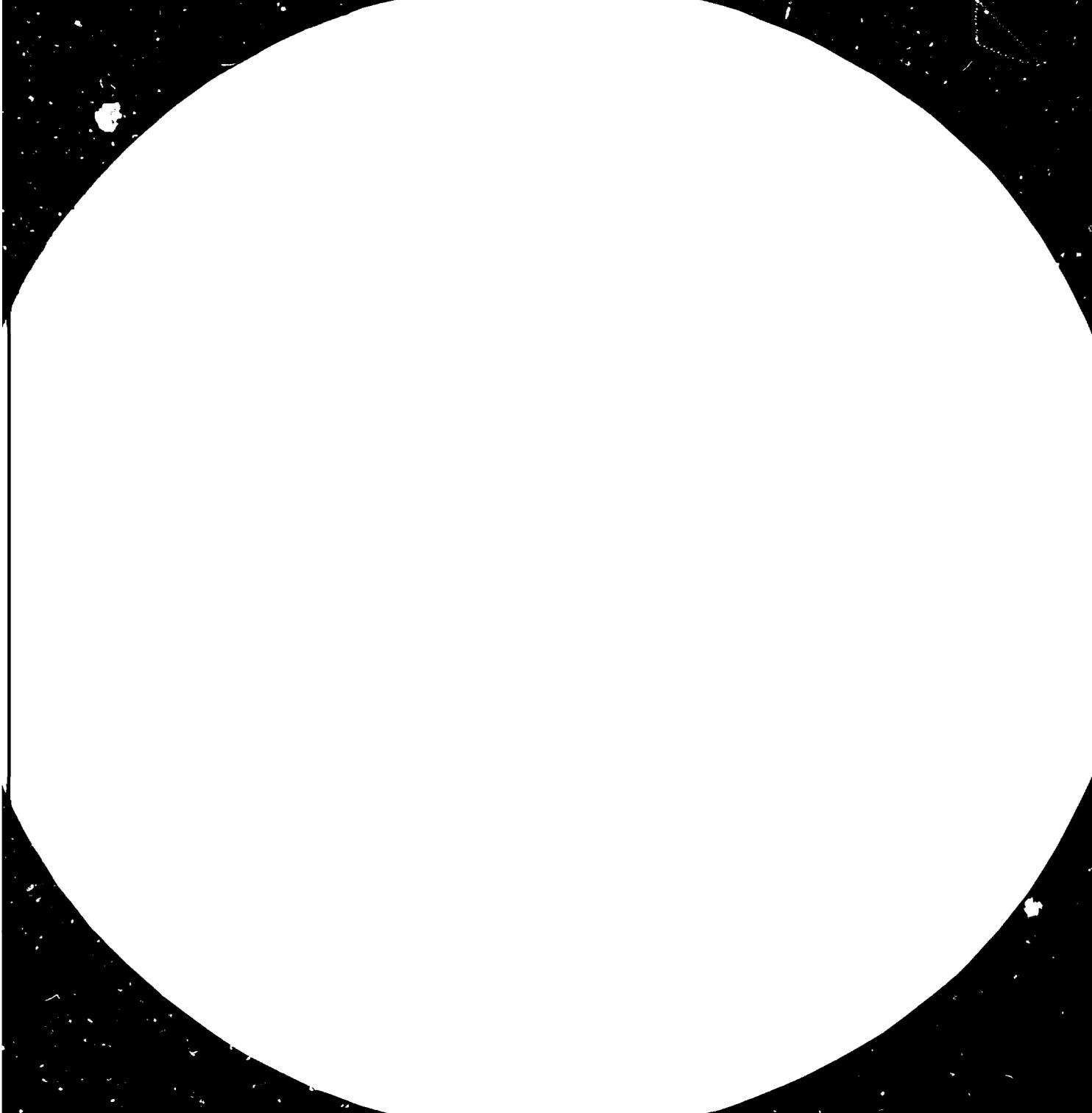
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





4



MICRO COPY REPRODUCTION OF THIS DOCUMENT IS PROHIBITED

FOR INFORMATION CONTACT THE NATIONAL ARCHIVES AT COLLEGE PARK, MARYLAND

12427

DP/ID/SER.A/373

25 enero 1982

ESPAÑOL

Original: INGLES

Distr. RESERVADA

CATALISIS Y ADSORCION

DP/CUB/77/003

CUBA.

Informe técnico: Progresos logrados en la utilización  
de la catálisis de craqueo

Preparado para el Gobierno de Cuba por  
la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial,  
en su calidad de organismo de ejecución del Programa  
de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en los trabajos del Sr. Nazim, M.O.  
Gusseinov, experto en catálisis de craqueo

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial  
Viena

V.82-20973

RESUMEN

Como parte del proyecto en curso "Catálisis y adsorción" (DP/CUB/77/003) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (PNUD), proyecto para el que se designó como organismo de ejecución a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), se envió a un experto en catálisis de craqueo en una misión de un mes para que prestara asesoría al Centro de Investigaciones Químicas (CIQ), del Ministerio de la Industria Química, en la solución de problemas relacionados con la catálisis de craqueo industrial, la utilización industrial de los diferentes tipos de catalizadores de craqueo y la realización de investigaciones sobre los aspectos fisicoquímicos de varios catalizadores de craqueo. El experto desarrolló su misión entre el 19 de noviembre y el 24 de diciembre de 1981.

El experto observó que se habían logrado progresos en la aplicación de las recomendaciones formuladas en un informe anterior y que el trabajo del Departamento de Procesos de Ingeniería Química, que fuera reestructurado, había contribuido ya a la mayor eficiencia de algunas plantas industriales cubanas. En las visitas realizadas a las refinerías se observó que era sumamente necesario desarrollar procesos de craqueo catalítico. El nivel tecnológico de los procesos de craqueo catalítico industrial en Cuba es considerablemente inferior al nivel alcanzado en los países desarrollados, especialmente en lo que respecta al diseño de procesos, el equipo de reacción, el método de contacto con el catalizador y la calidad del catalizador. El experto dio varias conferencias sobre estas cuestiones e hizo recomendaciones concretas para el rediseño de los procesos industriales. Dio asimismo una conferencia en el CIQ sobre cinética química y selección del reactor óptimo para los procesos químicos. Las demás recomendaciones se refieren a la reestructuración del Departamento de Plantas Modelo y la planificación del trabajo de investigación.

<u>Capítulo</u>	INDICE	<u>Página</u>
	INTRODUCCION	4
	CONCLUSIONES	5
	RECOMENDACIONES	7
I.	CATALIZADORES ZEOLITICOS	9
II.	CRAQUEO CATALITICO	11
III.	PROCESO DE REFORMACION	12
IV.	PROCESO DE HIDROTRATAMIENTO	14
V.	PROCESO DE HIDROPIROLISIS	15
VI.	DEPARTAMENTO DE PLANTAS MODELO	17
VII.	PLANIFICACION DE LA INVESTIGACION	18

## INTRODUCCION

Como parte del proyecto en curso "Catálisis y adsorción" (DE/CUB/77/002) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), proyecto para el que se designó como organismo de ejecución a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUOI), se envió a un experto en catálisis de craqueo-adsorción en una segunda misión de un mes para que asesorase al Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) del Ministerio de la Industria Química en la solución de problemas relacionados con la catálisis de craqueo industrial, la utilización industrial de los diferentes tipos de catalizadores de craqueo y la realización de investigaciones sobre los aspectos fisicoquímicos de varios catalizadores de craqueo. El experto desarrolló su misión entre el 19 de noviembre y el 24 de diciembre de 1981.

Durante su estancia en Cuba el experto visitó plantas comerciales y comprobó que se habían aplicado las recomendaciones para su modernización hechas en un informe anterior. Se examinaron diferentes procesos comerciales de craqueo catalítico (ingeniería química, catalizadores y materias primas); procesos de reformación para la producción de reformados de gran octanaje a partir de naftas, procesos de hidrot ratamiento para la remoción de impurezas, procesos de hidrodeshulfuración e hidrodeshmetalización y refinación de petróleos pesados cubanos.

En lo tocante al Departamento de Catálisis, para el que había recomendado que se redujera el número de problemas científicos abordados a fin de concentrar la investigación en cuestiones de gran importancia para la industria, el experto comprobó que se había modificado la estructura del Departamento -denominado ahora con más propiedad Departamento de Procesos de Ingeniería Química- y que los temas de investigación se limitaban a los siguientes:

- a) Investigación sobre materias primas para la refinación y síntesis de catalizadores y preparación de tales materias;
- b) Procesos de hidrogenación (reformación, hidrot ratamiento);
- c) Craqueo catalítico;
- d) Investigación sobre catalizadores comerciales.

En general, el experto observó que se habían hecho progresos en la aplicación de las recomendaciones anteriores y que la labor del Departamento de Procesos de Ingeniería Química había contribuido ya a hacer más eficientes algunas plantas industriales cubanas.

son eliminados rápidamente del sistema y los catalizadores pesados que permanecen en el reactor no pueden trabajar bien por la baja velocidad del gas. Los efectos negativos son la baja del rendimiento y la menor eficiencia.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe ampliar la investigación sobre síntesis de catalizadores y adsorbentes basados en las zeolitas naturales.
2. Se debe ampliar la investigación sobre catalizadores comerciales para el hidrotratamiento, la reformación, el craqueo catalítico y la hidropirólisis. Se deben utilizar los catalizadores en plantas modelo y formular recomendaciones a las industrias.
3. Es necesario ampliar la investigación sobre cinética química para todos los procesos y preparar modelos cinéticos para el perfeccionamiento de los procesos químicos.
4. Se deben estudiar las características aerodinámicas de los catalizadores de lecho fluidificado.
5. Es necesario que la investigación sobre los catalizadores se efectúe al mismo tiempo que la investigación sobre las materias primas y los productos de reacción para entender cabalmente el equilibrio material del proceso.
6. Se debe efectuar investigación geológica para determinar los recursos de Cuba en materia de petróleos crudos pesados, zeolitas naturales y rocas bituminosas e investigar sus características químicas a los fines de la refinación adecuada.
7. La investigación sobre la hidropirólisis de los petróleos crudos pesados cubanos es especialmente importante. La ingeniería química de ese proceso divide la hidropirólisis en dos etapas. En la primera, el petróleo crudo se somete a hidrotratamiento y en la segunda, se obtienen del petróleo los derivados de alta calidad.
8. Para la hidropirólisis es necesario utilizar petróleo crudo o petróleo pesado fraccionado. El primer paso puede ser la utilización de los catalizadores comerciales para el hidrotratamiento.
9. Es necesario que las rocas bituminosas se refinen mediante craqueo de alta temperatura o pirólisis con extracción de vapor, o que se produzca asfalto con oxidación.
10. Es necesario construir rápidamente plantas modelo (metálicas) con catalizadores de lecho fluidificado y luego con catalizadores de lecho móvil.

11. En consonancia con la modificación efectuada en el Departamento de Procesos de Ingeniería Química, se debe organizar un nuevo grupo para el estudio de cuestiones teóricas de ingeniería química y reactores químicos.

12. La modificación y modernización del Departamento de Plantas Modelo se debe terminar en 1982.

13. Se debe establecer un programa de trabajo para su ejecución conjunta con ingenieros químicos de plantas industriales.

14. Se debe efectuar un análisis trimestral de los resultados de la investigación y de los trabajos de las plantas industriales.

## I. CATALIZADORES ZEOLITICOS

Los catalizadores zeolíticos preparados mediante el método de intercambio iónico o el método de precipitación conjunta no difieren en su actividad; sin embargo, cuando se agrega Ni se observa un nivel de actividad más bien alto. Los catalizadores a los que se agrega Fe, Co, Cu y Be como cationes muestran gran actividad en el proceso de hidropirólisis y permiten un incremento del 20% del índice de octano. El boro añadido al catalizador sustituye parcialmente al aluminio en la red cristalina y estabiliza la estructura zeolítica. La actividad de las formas alcalinas de los grupos A y X de las zeolitas en la reacción de craqueo de los diferentes hidrocarburos se incrementa apreciablemente ante la presencia del  $\text{CO}_2$ . Esto se debe a que la superficie se enriquece con protones como resultado de la formación de carbonatos.

El tipo de zeolita y el portador utilizado como matriz son también importantes. La zeolita del tipo faujista, por su alto contenido en  $\text{SiO}_2$ , tiene una buena estabilidad térmica y actividad catalítica. La estabilidad del catalizador zeolítico depende de la estabilidad térmica de las zeolitas utilizadas para la preparación de los catalizadores y de la cantidad de zeolita añadida a la matriz. Con un incremento del contenido de zeolita de hasta 15% aumenta la actividad. El incremento posterior del contenido de zeolita produce una actividad variable. Se ha demostrado que los catalizadores con contenido de zeolita basados en la arcilla natural y el silicato aluminico sintético tienen prácticamente el mismo rendimiento de gasolina (65%) y de carbono (4,4%); el catalizador basado en el silicato magnésico tiene un rendimiento de gasolina de 70% aproximadamente y un rendimiento de carbono no inferior al 4,0%. Este catalizador, cuya presencia hace que se formen hidrocarburos menos aromáticos, es más activo en el craqueo. Las investigaciones sobre la estructura y acidez porosa han demostrado que el catalizador de silicato magnésico tiene más superficie ( $400 \text{ m}^2/\text{g}$ ) que las bentonitas. Tiene poros muy grandes ( $125 \text{ \AA} = 12,5 \text{ nm}$ ) y una acidez total (0,6 microequivalente por gramo) mayor que la de los catalizadores de silicato aluminico con contenido de zeolita; estos factores explican probablemente la gran actividad durante el craqueo de los catalizadores de silicato magnésico con contenido de zeolita.

Se investigó la reacción de los catalizadores de zeolita enriquecidos con tierra arcillosa en el craqueo del gasoil ligero y la destilación al vacío de crudos parafínicos. El rendimiento de gasolina del gasoil fue más bajo que en el craqueo del gasoil ligero. Es posible variar las propiedades del catalizador de zeolita mediante el añadido de componentes no zeolíticos. Por

ejemplo, el catalizador de craqueo cianamida TS-1 tiene un mayor rendimiento de olefina que otros catalizadores, lo que se relaciona evidentemente con las propiedades específicas de la matriz en la que se introduce el componente zeolítico.

La actividad y estabilidad del catalizador de craqueo zeolítico dependen no sólo de su preparación, activación y modificación sino también de la naturaleza del crudo y de las condiciones de proceso. Los procesos de regeneración del catalizador coquizado no siempre tienen las mismas características. Además, se debe prestar especial atención a la estructura cristalina de la zeolita. Las reglas de coquización de un catalizador de craqueo zeolítico dependen también del sistema de reacción empleado. En las plantas que utilizan catalizadores en polvo, la recoquización de las distintas partículas se produce debido a la diferente duración de permanencia en el reactor y regenerador. En los equipos que utilizan lechos de ebullición, se acumula una mayor cantidad de carbono o coque en las partículas que van del reactor a la columna con el vapor producido. El coque resulta de una reducción de producción con incremento de temperatura y la correspondiente reducción del tiempo de contacto del catalizador con el crudo.

Para que el contenido de coque del catalizador de regeneración sea mínimo es sumamente importante que se controle la temperatura de la zona de regeneración, el tiempo de permanencia, la distribución uniforme del catalizador y el aire, el diseño del regenerador, etc. Estos factores son particularmente positivos en la tecnología que utiliza flujos ascendentes para el craqueo de crudos petrolíferos. Este sistema permite obtener un mayor rendimiento y mejorar la calidad de los productos de craqueo.

Falta todavía mucho por investigar en lo que respecta al uso óptimo de los catalizadores zeolíticos; todavía no es posible determinar de antemano la porosidad, la actividad catalítica y las condiciones de síntesis para obtener un mejor rendimiento. Es probable que la moderna investigación sobre los catalizadores mediante nuevos métodos fisicoquímicos permita resolver las cuestiones planteadas.

## II. CRAQUEO CATALITICO

El craqueo catalítico no está funcionando bien en Cuba debido a que no se respetan el régimen y las características tecnológicas de los procesos. Se comprobó, por ejemplo, que el regenerador de una planta reemplazaba un catalizador de alta actividad (46,9%) de densidad  $\underline{d} = 0,85 \text{ g/cm}^3$  por un catalizador de baja actividad con densidad  $\underline{d} = 0,42 \text{ g/cm}^3$ . Después de algunos meses este último catalizador era extraído completamente del sistema hacia la atmósfera, lo que tiene que ver con las características aerodinámicas del equipo de craqueo catalítico fluidificado. El experto dio una conferencia sobre este tema y proporcionó información sobre la forma de calcular la transferencia de los diferentes catalizadores en un equipo de craqueo catalítico. Siguiendo la recomendación del experto, se efectuará una investigación sobre las características aerodinámicas de los distintos catalizadores.

### III. PROCESO DE REFORMACION

La reformación catalítica, o hidrorreformación, se ha utilizado durante muchos años para mejorar el índice de octano de las naftas y la gasolina de destilación directa. Un proceso normal emplea una serie de reactores con lechos fijos de catalizadores con alimentación por flujo descendente; cada reactor va precedido de un horno de recalentamiento. La nafta y el hidrógeno se pasan conjuntamente a través del horno de recalentamiento y luego al primer reactor de la serie. El vapor que emana del último reactor de la serie es un gas rico en hidrógeno con pequeñas cantidades de hidrocarburos normalmente gaseosos. Ese gas es separado del producto líquido  $C_{5+}$  y es reciclado al proceso para impedir la formación de coque en el catalizador, aunque en general hay una producción neta de hidrógeno.

Los catalizadores de reformación cumplen una doble función; el compuesto catalizador contiene un componente formado por uno o más metales o compuestos de esos metales, con funciones de hidrogenación y deshidrogenación, y un componente ácido, con funciones de isomerización. Los primeros catalizadores de reformación empleaban molibdeno en alúmina y el molibdeno cumplía las funciones de hidrogenación y deshidrogenación. Se considera que los metales de los grupos del paladio y el platino (rutenio, rodio y osmio, paladio; iridio y platino), tienen propiedades que los hacen especialmente aptos como componentes de hidrogenación y deshidrogenación para las operaciones de reformación y es por ello que, a pesar de su costo, el uso de los catalizadores que emplean platino está ampliamente difundido en las explotaciones comerciales. Otros metales, a saber, iridio, renio, germanio, estaño, metales del grupo III y de tierras raras, se mezclan con el platino para acentuar una o varias de las características que debe poseer un buen catalizador de reformación, esto es, la actividad, la selectividad, el mantenimiento de la actividad y la estabilidad del rendimiento. Por lo general, se agregan pequeñas cantidades de un halógeno, por ejemplo cloro, para proveer a la función ácida que deben cumplir esos catalizadores.

Un catalizador de reformación debe ser lo suficientemente activo para producir aromáticos, y por lo general la actividad se mide por la producción aromática (para el mejoramiento del octano) en función de la temperatura. Aparte de su alta actividad, los catalizadores de reformación deben poseer una buena selectividad, que es la capacidad del catalizador de producir altos rendimientos de productos líquidos de alto índice de octano con baja producción de hidrocarburos normalmente gaseosos o subproductos carbonosos sólidos.

Tales catalizadores poseen una buena estabilidad, o actividad sostenida (la actividad expresada en función del tiempo), y conservan las propiedades de buena actividad y las características de selectividad durante períodos de explotación prolongados. La estabilidad se relaciona por lo tanto con la velocidad del cambio de actividad. Las principales reacciones que catalizan los catalizadores de reformación de función doble son las siguientes:

- a) Deshidrogenación de naftenos para producir los correspondientes hidrocarburos aromáticos;
- b) Isomerización de n-parafinas para formar parafinas de cadena ramificada e isomerización de compuestos de anillo, esto es, la isomerización del etilciclopentano para formar metilciclohexano y la deshidrogenación de este último para formar tolueno;
- c) Deshidrociclización de parafinas para formar aromáticos, esto es, la deshidrociclización de n-heptano para formar tolueno;
- d) Hidropirólisis de los constituyentes de alimentación de alto peso molecular para formar constituyentes de menor peso molecular y menor ebullición, esto es, el craqueo de n-decano para producir hidrocarburos  $C_3$  y  $C_4$ .

El efecto neto de tales reacciones es incrementar la concentración de aromáticos, con el consiguiente mejoramiento del octano de las naftas en ebullición dentro del horno de gasolina.

Esta conocida característica del proceso de reformación fue analizada con las contrapartes cubanas.

#### IV. PROCESO DE HIDROTRATAMIENTO

Varios materiales hidrocarbonosos pueden contener pequeñas cantidades de contaminantes como azufre y nitrógeno. Un método efectivo para reducir la concentración de esos contaminantes es el hidrotratamiento, que consiste en poner al hidrocarburo contaminado en contacto con hidrógeno y en presencia de un catalizador capaz de producir el hidrotratamiento, esto es, la hidrodésulfuración y la hidrodésnitrogenación.

Se ha hecho mucho por obtener catalizadores adecuados para el hidrotratamiento. Los catalizadores que contienen una cantidad importante de soporte poroso sólido, cantidades de níquel con propiedades catalíticas y a lo menos un metal del grupo compuesto de molibdeno, tungsteno y mezclas de esos metales, se consideran catalizadores especialmente eficaces para este proceso.

## V. PROCESO DE HIDROPIROLISIS

Las posibilidades de obtener abastecimiento adecuado de catalizadores agotados para la hidropirólisis son mayores a medida que se construyen más plantas de desulfuración de residuo. El aumento del número de plantas de desulfuración se debe a la creciente demanda de aceite combustible de bajo contenido de azufre para las centrales de energía y otras industrias importantes que consumen energía. Existe asimismo un interés creciente en la hidropirólisis de residuo para la obtención de fracciones de petróleo ligero a partir de cargas de alimentación de petróleo crudo pesado.

La conversión de hidrocarburos en presencia de hidrógeno para obtener productos de mejor calidad es de especial interés para la industria petrolera. Tales procesos suponen, por ejemplo, la hidropirólisis de aceite de petróleo para calderas para producir gasolina de alto octano, la hidropirólisis de hidrocarburos refinados para formar gas de petróleo líquido, etc. Es especialmente importante que el proceso de estas reacciones sea eficiente, esto es, que produzca el menor número posible de efectos secundarios inconvenientes. Por ejemplo, en la hidropirólisis de los aceites para calderas para obtener gasolina de alto octano, es conveniente que se retengan los aromáticos a la par que se reduce el punto de ebullición de la materia prima de carga del horno de gasolina. Es conveniente también que la operación de hidropirólisis se ejecute a la temperatura y presión más bajas posibles.

Se puede considerar que la hidropirólisis es una combinación del craqueo, la hidrogenación y la isomeración. También puede ser conveniente como operación de tratamiento, ya que el hidrógeno se combina con los contaminantes de la carga de alimentación, como el azufre y el nitrógeno, y prácticamente los elimina. Los catalizadores típicos de hidropirólisis tienen un componente de craqueo, como sílice y alúmina, y un agente de reformación, como platino y óxidos de níquel y tungsteno.

Los procesos de hidropirólisis operan a temperaturas entre 350° y 500°C y a presiones que van de 30 a 250 bar. La intensidad de la operación y el consumo de hidrógeno de la carga de alimentación y la particular distribución de producto requerida, así como del proceso propiamente tal y del catalizador utilizado.

Un flujo de proceso típico consiste en mezclar hidrógeno con gasoil refractario derivado de operaciones de craqueo o coquización, o con gasoil virgen o pesado. A continuación, esta mezcla de hidrógeno y gasoil se calienta y se

pone en contacto con el catalizador en un reactor de lecho fijo a una determinada presión de hidrógeno. La mayoría de las cargas de alimentación requieren pretratamiento; en algunos procesos el pretratamiento es la primera etapa de un sistema bifásico.

Durante su primera misión en Cuba, el experto recomendó el proceso de hidropirólisis para la refinación del petróleo crudo pesado cubano, que contiene 20 a 25% de asfalteno y 6 a 8% de compuestos de azufre, así como una pequeña cantidad de metales. El proceso escogido fue el pretratamiento del petróleo crudo en la primera etapa de un proceso seguido por hidropirólisis. El catalizador puede ser cualquiera de los catalizadores de hidrogenación corrientes, por ejemplo, uno o más de los metales del grupo de soporte VI o del grupo del hierro, y óxidos de metal o sulfuros de gran superficie de soporte como la alúmina. Desde entonces, el Departamento de Procesos de Ingeniería Química ha realizado investigación sobre la hidropirólisis del petróleo crudo pesado y ha hecho ensayos en plantas modelo.

## VI. DEPARTAMENTO DE PLANTAS MODELO

La existencia de este departamento en el CIQ es un reconocimiento de su importancia. El papel que desempeñan las plantas modelo para promover la introducción de nuevos procesos en la industria es especialmente eficaz.

Aunque los métodos de diseño experimental están bien desarrollados, el método de modelo físico y matemático (mediante plantas modelo) es el único método que permite pasar de la investigación teórica a la planta industrial.

Sin embargo, la estructura del Departamento de Plantas Modelo padece de serias deficiencias, al igual que la organización del trabajo experimental. Algunas plantas están situadas en grandes recintos sin protección adecuada contra el riesgo de incendio y explosión. El volumen de los recintos no se aprovecha plenamente: casi el 80% no se utiliza en absoluto. Por otra parte, no se ha racionalizado el mantenimiento de las plantas y cada una tiene abastecimiento y control autónomos. Es evidente la necesidad de una reorganización total de los recintos de plantas experimentales que llegue incluso a la automatización.

Se convino en preparar un diseño para el Departamento de Plantas Modelo, con abastecimiento centralizado para todas las plantas, ubicadas en estructuras metálicas divididas en pisos a todo lo alto, con conductos para el agua, la electricidad, los combustibles y los gases inertes. Existiría un centro de control único centralizado y las plantas se agruparían sistemáticamente. Las plantas que trabajan bajo presión de hidrógeno, etc., estarían en una sección separada.

## VII. PLANIFICACION DE LA INVESTIGACION

Los planes del CIQ son preparados básicamente por los Departamentos y aprobados luego por el Consejo de Ciencias, que es prácticamente independiente de la industria. Debido a esto, el CIQ trabaja principalmente en las esferas que interesan a los Departamentos y a los diferentes especialistas sin tener en cuenta las necesidades de la industria. Por su parte, el Ministerio tampoco hace planes de investigación científica que tengan en cuenta las necesidades de la industria y su desarrollo. Si el Gobierno recomendase al Ministerio que preparara el plan de desarrollo futuro de las ramas industriales y que, sobre esas bases, se entregara el plan propuesto al CIQ, se suprimirían los temas sin importancia práctica, se reduciría apreciablemente el número de temas y se orientaría el trabajo al desarrollo industrial y el mejoramiento de la economía nacional. Todos los planes quinquenales deben proporcionar instrucciones y recomendaciones para la realización de proyectos industriales o proyectos de experimentación industrial. El análisis anual de los resultados de la investigación debe efectuarse con participación de los representantes de las empresas y de la Dirección de Producción, Tecnología y Ciencia. Ello redundaría en el cumplimiento más rápido de los planes y su aplicación en la industria. Los representantes de las empresas deben estar también al tanto del trabajo en curso y, en caso necesario, prestar asesoría práctica a los científicos e incluso participar en la investigación.

Uno de los medios más eficaces para establecer la colaboración entre los científicos y los técnicos de las empresas en la celebración de contratos entre las partes. De este modo, las empresas podrán solicitar al CIQ la investigación que necesitan. Se deberá elaborar un calendario indicando los medios y plazos máximos para la ejecución de este trabajo y las instrucciones y recomendaciones que deberán impartirse a la empresa. Se preparará un presupuesto, teniendo en cuenta todos los gastos, incluida la compra de equipo, materias primas, sueldos, honorarios, etc.

El calendario y presupuesto deberán ser aprobados por la dirección del CIQ, en su calidad de ejecutante y por la empresa solicitante. Tras la realización del trabajo, el ejecutante preparará un informe, que se enviará a la empresa, donde se analizará. Si el CIQ ha dado cumplimiento a todas las obligaciones, el solicitante pagará el costo del trabajo conforme al presupuesto.

Es también conveniente que se dé a los colaboradores del CIQ la oportunidad de ir a las empresas. La posibilidad de plantear problemas a la industria ayudará a los científicos a solucionar varias cuestiones prácticas y técnicas y al mismo tiempo les permitirá la corrección oportuna de su enfoque.

Las visitas efectuadas a las refinerías de La Habana y Santiago de Cuba pusieron de manifiesto la necesidad de desarrollar procesos de craqueo catalítico. El primero que puede asesorar en esta materia es el CIQ.

El nivel tecnológico de los procesos de craqueo catalítico industrial en Cuba es considerablemente inferior al nivel alcanzado en los países desarrollados, especialmente en lo que respecta al diseño de procesos, el equipo de reacción, el método de contacto con el catalizador y la calidad del catalizador. El experto dio varias conferencias sobre estas cuestiones y formuló recomendaciones concretas para la modernización de los procesos industriales. El experto dio asimismo una conferencia en el CIQ sobre cinética química y selección de los reactores óptimos para los procesos químicos.

