

Escenarios probables en la producción de asfaltos a partir de crudos pesados en refinerías cubanas

Probable scenarios in the production of asphalt from heavy crude oil in Cuban refineries

Dayana María Beyra-Fernández^{1*}, Juan Ruiz-Quintana², María Caridad Ramírez-Pérez³, José Pons-Herrera³, Eduardo Beira-Fontaine⁴

¹Empresa de Ingeniería y Proyectos del Petróleo, La Habana, Cuba

²Ministerio de Energía y Minas, La Habana, Cuba,

³Universidad de Moa, Moa, Holguín, Cuba,

⁴Universidad de Oriente, Santiago Cuba, Cuba

*Autor para la correspondencia: dayana@eipp.cupet.cu

Resumen

La producción de asfaltos en las refinerías cubanas no satisface la demanda nacional de los proyectos de construcción y reparación de viales. El propósito de este estudio fue delinear los posibles escenarios que pudieran tener lugar en la producción de asfaltos a partir de la refinación de crudos pesados en Cuba. Para ello se empleó una metodología que combinó el trabajo con expertos y la Prospectiva Estratégica de Godet. De la aplicación del método Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación se obtuvieron tres variables (factores) claves que permitieron formular igual número de hipótesis y definir ocho posibles escenarios. Utilizando el método Sistema de Matrices de impactos Cruzados Probabilizados (*Smic Prob-Expert*) se definieron los tres escenarios más probables: el más favorable, en el cual se cumplen las tres hipótesis; el menos favorable, en el que no se cumple ninguna de las tres, y un escenario en que se cumple solamente la primera hipótesis. Según estos resultados, el escenario más favorable sería aquel en el que se garanticen la materia prima para las refinerías, un procedimiento tecnológico que permita obtener más asfalto con menos costo y la disponibilidad técnica del equipamiento tecnológico.

Palabras clave: producción de asfalto; crudos pesados; refinerías cubanas; Prospectiva Estratégica de Godet.

Abstract

The production of asphalt in Cuban refineries does not satisfy the national demand for road constructions and repairing projects. The purpose of this study was to outline the possible scenarios that could take place in the production of asphalt from the refining of heavy crude oil in Cuba. To achieve this, a methodology was used that combined work with experts and Godet's Strategic Prospective. From the application of the Multiplication Cross Impact Matrix method Applied to a Classification, three key variables (factors) were obtained that allowed the formulation of an equal number of hypotheses and the definition of eight possible scenarios. Using the Probabilized Cross Impact Matrix System (Smic Prob-Expert) method, the three most probable scenarios were specified: the most favorable, in which the three hypotheses are met; the least favorable, in which none of the three are met, and a scenario in which only the first hypothesis is met. According to these results, the most favorable scenario would be one in which raw materials for the refineries are guaranteed, a technological procedure that allows obtaining more asphalt with less cost and the technical availability of technological equipment.

Keywords: asphalt production; heavy crude oils; Cuban refineries; Strategic Prospective of Godet.

1. INTRODUCCIÓN

La prospección y explotación gasopetrolífera en Cuba se ha concentrado en la llamada Faja Plegada Norte Cubana explotando, en tierra y en la plataforma costera, crudo pesado y gas acompañante (Linares-Cala et al. 2010; García-Delgado et al. 2014). La mayor parte de la producción de crudo nacional se utiliza como materia prima para la producción de electricidad.

El petróleo hoy en día no es solo una fuente de energía, sino también una valiosa materia prima para la industria petroquímica; como uno de sus derivados en el proceso de refinación se obtiene el asfalto -término que proviene del sánscrito- también denominado bitumen o alquitrán (Kapustin y Glagolieva 2012).

Una de las tareas principales de la refinación moderna es la adaptación a la actual situación mundial, implementando métodos y tecnologías para procesar completamente los crudos y obtener de ellos derivados de alta calidad, además de respetuosos del medio ambiente (Romero y Vera-Colina 2018)

Los asfaltos son materiales aglomerantes de color oscuro, constituidos por complejas cadenas de hidrocarburos no volátiles, de elevado peso molecular y de estructura espacial compleja con presencia de heteroátomos. Pueden tener dos orígenes: los derivados de petróleos y los naturales (E-ASFALT 2023). Los asfaltos naturales se han producido a partir del petróleo, pero por un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles, quedando las asfálticas solamente.

Los asfaltos más utilizados en el mundo hoy en día son los derivados de petróleo, los cuales se obtienen por medio de un proceso de destilación del crudo. Representan más del 90 % de la producción total de asfaltos.

Debido a sus propiedades adhesivas e hidrofóbicas, el asfalto se usa ampliamente en la construcción de carreteras, en la fabricación de materiales para techos impermeabilizantes, construcción de cimientos de edificios y estructuras. Aproximadamente el 70 % del asfalto que se produce en la refinación del petróleo es utilizado para reparar o construir viales.

La elección y la preparación correcta de las materias primas es fundamental para la producción de asfalto (Díaz-Romero y Braham 2022). Dependiendo de la naturaleza y composición de las materias primas, se pueden obtener asfaltos con diferentes calidades. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y a veces casi en su totalidad. Sin embargo, existen algunos petróleos crudos que no lo contienen. En base a la proporción de asfalto que poseen, los petróleos se clasifican en:

- Petróleos crudos de base asfáltica.
- Petróleos crudos de base parafínica.
- Petróleos crudos de base mixta (contiene parafina y asfalto).

El asfalto procedente de ciertos crudos ricos en parafina no es apto para fines viales, por cuanto precipita a temperaturas bajas, formando una segunda fase discontinua, lo que da como resultado propiedades indeseables, tales como la pérdida de ductilidad.

La industria petrolera cubana se gestiona a través de la Unión Cubapetróleo (CUPET), compañía verticalmente integrada que dirige esta industria en el país desde el año 1992. Según sus funciones, CUPET está dividida en tres direcciones ramales de trabajo que realizan las actividades siguientes:

Exploración y producción: encargada de la evaluación, exploración, certificación, perforación y explotación de yacimientos de petróleo y gas. Siendo el primer eslabón de la cadena, cubre además la perforación y construcción de los pozos petrolíferos.

Refinación: se ocupa del procesamiento, separación y obtención de productos o derivados del petróleo a través de plantas de procesamiento y refinerías.

Comercio y suministro: coloca los productos (petróleo crudo y derivados) en los mercados nacionales e internacionales.

Para el procesamiento de los crudos importados y de producción nacional CUPET cuenta con cuatro refinerías: Refinería Níco López (La Habana), Refinería Camilo Cienfuegos (Cienfuegos), Refinería Sergio Soto (Cabaiguán, Sancti Spíritus) y Refinería Hermanos Díaz (Santiago de Cuba). Las refinerías ubicadas en La Habana, Cienfuegos y Santiago de Cuba solo procesan petróleo crudo importado, pues su diseño y características tecnológicas no permiten procesar el petróleo crudo nacional.

El petróleo crudo que se extrae en Cuba es de 8°API (Fitzgibbon 2023), pesado, nafteno-aromático, bajo en parafinas y con alto contenido de azufre e impurezas. Debido a sus características, este crudo se procesa solamente en la refinería "Sergio Soto" -la más pequeña del país- para la obtención de aceites y asfaltos.

Hasta hoy, la producción de asfaltos en Cuba no satisface la demanda nacional de los proyectos de construcción y reparación de viales. Es por ello que CUPET tiene entre sus objetivos proponer acciones para incrementar la producción de asfaltos en las refinerías del país y satisfacer la demanda del mercado; ello está recogido en el Proyecto de Autosuficiencia y Seguridad del Suministro de Combustible del Programa Transformación de la Matriz Energética, y Uso Eficiente de la Energía, el cual integra el macroprograma: Transformación Productiva e Inserción Internacional del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) de Cuba hasta el año 2030 (Ministerio de Economía y Planificación 2021, 2022).

La escasa disponibilidad de crudos y la demanda aún insatisfecha del asfalto en el país conlleva la necesidad de proponer la reevaluación de la tecnología y los procedimientos operacionales para procesar crudos pesados, que son hoy lo que están disponibles para procesar (Pérez 2020).

El presente estudio tuvo el objetivo de delinear los posibles escenarios que pudieran tener lugar en la producción de asfaltos a partir de la refinación de crudos pesados en Cuba.

2. MÉTODOS

Se empleó una metodología que combinó el trabajo con expertos y la Prospectiva Estratégica de Godet (Godet y Durance 2009). Se realizaron tres sesiones de trabajo con los expertos para identificar las principales variables

o factores (riesgos) externos a que está expuesta la Industria Petrolera Cubana (Beyra-Fernández 2017; Beyra-Fernández, Díaz-Cabarrouy y Espinosa-Pérez 2023).

El método Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MICMAC) se empleó para obtener las variables (factores) claves. Una vez definidas estas variables, se valoró con los 6 expertos la Matriz de influencias directas, a partir de las relaciones de influencias entre estas. Los resultados de la aplicación de la herramienta metodológica MICMAC, se exponen posteriormente en el Plano de influencias/dependencias y en el Gráfico de influencias evaluándose, en ambos casos, las indirectas potenciales ya que son las que permiten determinar las variables claves a mediano y largo plazo, a través del plano de influencias/dependencias indirectas. Este plano se determina a partir de la matriz de influencias indirectas MII, Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP)

La Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP) corresponde a la Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP) elevada a la potencia por interacciones sucesivas. A partir de esta matriz, una nueva clasificación de las variables pone en valor las variables potencialmente más importantes del sistema. Los valores representan la tasa de influencias indirectas potenciales. El plano de influencias / dependencias indirectas potenciales se determina a partir de la matriz de influencias indirectas potenciales MIIP.

Utilizando el método Sistema de Matrices de impactos Cruzados Probabilizados (*Smic Prob-Expert*) se precisaron los escenarios más probables.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables identificadas

Al aplicar la metodología MICMAC se identificaron las 11 variables siguientes:

1. Disponibilidad de la materia prima (DMP)
2. Intensidad del bloqueo Estados Unidos (IBEU)
3. Disponibilidad de los recursos humanos (DRH)
4. Realización de capacitación especializada (RCE)
5. Implementación de procedimiento tecnológico para maximizar la producción de asfalto (IPT)
6. Disponibilidad técnica del equipamiento (DTE)
7. Acceso al financiamiento (AF).

8. Preparación y exigencia de los cuadros (PEC)
9. Acceso al mercado internacional (AMI).
10. Ejecución del mantenimiento a las principales equipos tecnológicos (EM).
11. Nivel de riesgo tecnológico (NRT)

3.2. Gráfico de influencias

El gráfico de influencias indirectas potenciales (Figura 1) es el resultado de la matriz MIIP.

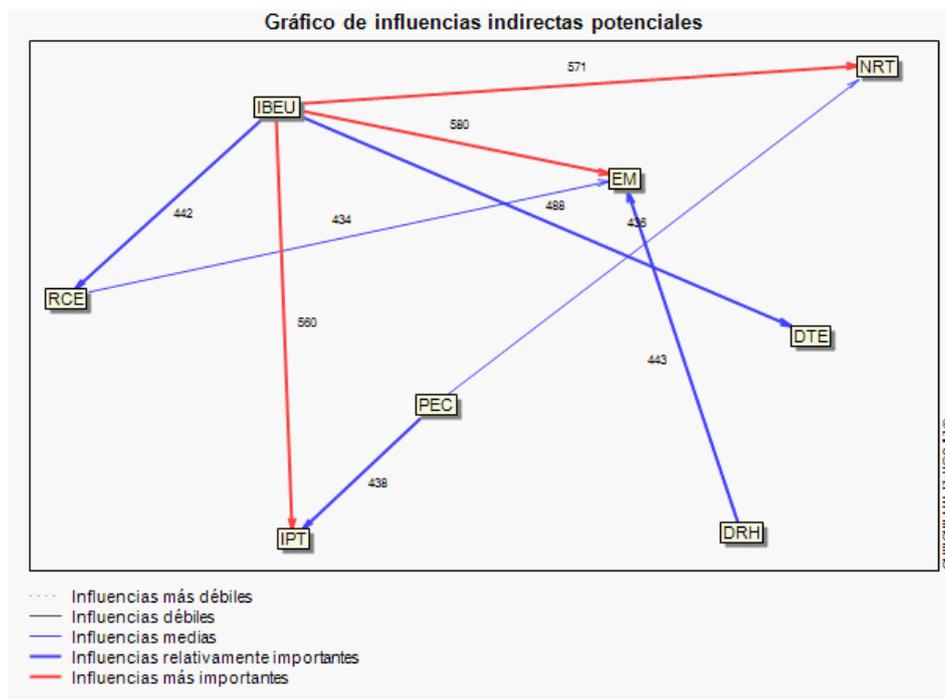


Figura 1. Gráfico de influencias indirectas potenciales.

Como resultado del análisis del plano y el gráfico de influencias indirectas que se obtuvieron con el método MICMAC, se seleccionaron como los principales riesgos o variables claves las siguientes:

1. Disponibilidad de la materia prima (DMP).
2. Implementación de procedimiento tecnológico (IPT).
3. Disponibilidad técnica del equipamiento (DTE).

3.3. Análisis de los escenarios

Para dar solución al objetivo y demostrar la hipótesis del trabajo se acometieron tareas científicas a partir del Sistema de Gestión Basado en la Ciencia y la Innovación (Delgado-Fernández 2021; Díaz-Canel

Bermúdez 2021). Se consideraron dos escenarios extremos, el más favorable y el contrastado (adverso):

- *El más favorable*: Que se logre disponibilidad de la materia prima para las refinerías; la implementación de un procedimiento tecnológico que permite diversificar sus producciones, obtener más asfalto y bajar sus costos; y la mayor disponibilidad técnica del equipamiento tecnológico (111).
- *El más adverso*: Que no se logre ninguna de las tres condiciones descritas anteriormente (000).

Como resultado del método *Smic Prob-Expert* y con información ofrecida por los expertos, en el siguiente histograma (Figura 2) se muestran los escenarios más probables de cara al 2030, en correspondencia con el PNDES-2030.

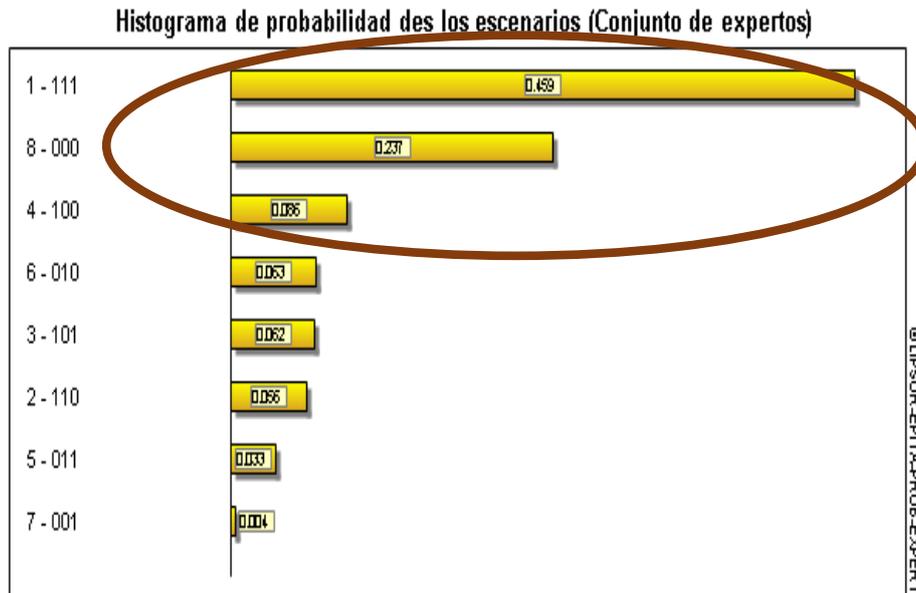


Figura 2. Histograma de probabilidades **Fuente**. Elaboración propia.

A partir del histograma los expertos seleccionaron tres como los escenarios más probables a que se enfrentará la Industria Petrolera Cubana (los números 1, 8 y 4), lo cual corrobora como más probable al previamente definido como más favorable (111). Los escenarios seleccionados se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los escenarios probables

Título	Denominación	Peso	Descripción
Escenario 1	111	3	Escenario más favorable, en el cual se cumplen las tres hipótesis. Se logra la disponibilidad de la materia prima para las refinerías, la implementación de un procedimiento tecnológico que permite diversificar

			sus producciones, obtener más asfalto y la mayor disponibilidad técnica del equipamiento tecnológico
Escenario 2	000	2	Escenario más adverso donde no se cumple ninguna de las hipótesis.
Escenario 3	100	1	Escenario en el que se dispone de la materia prima para las refinerías, pero no se logra implementar de un procedimiento tecnológico que permita diversificar sus producciones y obtener más asfalto, ni la disponibilidad técnica del equipamiento tecnológico.

4. DISCUSIÓN

La refinación de petróleo crudo es fundamental para la producción de asfalto en el país. Conocer y caracterizar el proceso tecnológico de las refinerías y sus limitaciones, permite establecer premisas, diseñar escenarios y proponer acciones para incrementar la producción de asfalto.

En Cuba se utiliza la tecnología base establecida en la industria petrolera al nivel mundial, pero no cuenta con los procesos de refinación secundarios para incrementar la calidad de los líquidos asfálticos. Solo la Refinería "Sergio Soto" de Cabaiguán (Sancti Spíritus), dispone de la tecnología para procesar crudo extrapesado cubano y produce asfalto de alta calidad, AC-30, para aplicar en aeropuertos, autopistas y carreteras principales.

Las Refinerías "Ñico López" de La Habana y "Hermanos Díaz" de Santiago de Cuba pueden producir asfalto AC-20, útil para vías secundarias y zonas de menos circulación vehicular, sin embargo, estas refinerías están diseñadas para procesar crudos medios. Para producir asfaltos, tendrían que mezclarlo con crudos pesados que incrementen el porcentaje de asfaltenos en el fondo de la destilación al vacío.

Se impone entonces realizar coordinaciones y encadenamiento con los gobiernos provinciales y se requiere, además en el orden práctico, facilitar los mecanismos de comercialización del asfalto a los nuevos actores económicos, lo cual contribuirá a un mayor grado de extracción de asfalto de las refinerías, al máximo aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la industria para la solución endógena de uno de los problemas sociales que afecta la calidad de vida de la población y es posible realizar acciones concretas e inmediatas, como las siguientes:

1. Encadenar a los gobiernos provinciales con las refinerías cercanas.
2. Facilitar mecanismos de comercialización de los productos resultantes de la refinación.
3. Vincular a las universidades a los Programas de Vialidad territoriales.

5. CONCLUSIONES

- La metodología de Godet permite proyectar los tres escenarios más probables en la producción de asfaltos a partir de crudos pesados en refinerías cubanas.
- De los escenarios probables, el más favorable es aquel en el que se garantizan: la materia prima para las refinerías, un procedimiento tecnológico que permita obtener más asfalto con menos costo, y la disponibilidad técnica del equipamiento tecnológico.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a todo el equipo de trabajo y especialmente a los directores de la refinería de CUPET por facilitar la información utilizada para la elaboración del presente artículo científico.

7. REFERENCIAS

- Beyra-Fernández, D. M.; Díaz-Cabarrouy, Y. y Espinosa-Pérez, H. 2023: *Procesamiento de crudos pesados en Refinería de Petróleo Níco López de La Habana*. La Habana: Escuela Superior de Cuadros del Estado y el Gobierno (ESCEG).
- Beyra-Fernández, D. M. 2017: *Análisis comparativo de variantes para la mejora de la Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado en la Refinería Níco López*. Tesis de maestría. Universidad Estatal Rusa de Petróleo y Gas IM Gubkin. Moscú.
- Delgado-Fernández, M. 2021: Métodos de la gestión del gobierno y empresarial. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 174 mayo-agosto.
- Díaz-Canel Bermúdez, M. 2021: *Sistema de Gestión de Gobierno basado en Ciencia e Innovación*. Tesis doctoral. Universidad Central de las Villas. Villa Clara.
- Díaz-Romero, P. and Braham, A. 2022: Especificación de tamaño de partícula de refino para emulsión asfáltica. *Construction and Building Materials*, 350: 128812.
- Fitzgibbon, T. 2023: API gravity. Obtenido de Energy Insights. Consultado: 27/03/2022. Disponible en: <https://www.mckinseyenergyinsights.com/resources/refinery-reference-desk/api-gravity/>
- García-Delgado, D. E.; Evelio, L. C.; López Rivera, J. G.; Delgado López, O.; Strazhevich, V. y Echevaría Rodríguez, G. 2014: *Yacimientos y manifestaciones de hidrocarburos de la Republica de Cuba*. La Habana: Centro Nacional de Información Geológica.

- Godet, M. y Durance, P. 2009: *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*. París: Dunod. 157.
- Kapustin, B. y Glagolieva, O. 2012: *Tecnología de refinación de petróleo*. Moscú, Rusia: Kolocc. 447.
- Linares-Cala, E.; García-Delgado, D. E.; Delgado-López, O.; López-Rivera, J. G.; Strazhevich, V. y Echeverría-Rodríguez, G. 2010: *Yacimientos y manifestaciones de hidrocarburos en Cuba*. La Habana: Centro de Investigaciones del Petróleo. 480.
- Ministerio de Economía y Planificación. 2021: *Diseño del sistema de trabajo para la implementación del PNDES 2030*. La Habana: MEP.
- Ministerio de Economía y Planificación. 2022: Resolución 57/2022. Bases del sistema de trabajo para la gestión de los Macroprogramas del Plan. *Bases del sistema de trabajo para la gestión de los Macroprogramas del Plan*. La Habana.
- Pérez, R. 2020: Elaboración de crudos mejorados y su refinación. En: *Introducción al procesamiento y economía de los crudos pesados*. Caracas: Asociación Venezolana de Procesadores de Gas (AVPG).
- Romero, A. y Vera-Colina, M. A. 2018: Economía política del petróleo. *Criterio Libre*, 16(28): 133-156.

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran no existencia de conflictos de intereses.

Contribución de los autores

DMBF: concepción de la idea de investigación, interpretación de resultados, redacción del original, revisión, corrección y aprobación de la versión final del artículo. JRQ: recolección de datos, análisis e interpretación de resultados, revisión y aprobación de la versión final. MCRP, JPH y EBF: interpretación de resultados, revisión y aprobación de la versión final del artículo.

ORCIDs

DMBM, <https://orcid.org/0009-0000-5757-3553>

JRQ, <https://orcid.org/0000-0002-9151-8678>

MCRP, <https://orcid.org/0000-0003-1262-7057>

JPH, <https://orcid.org/0000-0002-5265-2962>

EBF, <https://orcid.org/0000-0001-5701-8015>

Recibido: 15/04/2023

Aprobado: 03/05/2023