

Ciudad de México, Junio de 2019

## **PROBLEMÁTICA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO DE LA REFINERIA DE DOS BOCAS TABASCO.**

Ing. Alejandro Villalobos Hiriart (a)

### **CONTENIDO:**

- 1. Importancia del proyecto de expansión de la capacidad de producción de refinados**
  - 1.1 Justificación.**
  - 1.2 Objetivo del trabajo**
  - 1.3 Antecedentes recientes de incremento a la capacidad de refinación.**
    - 1.3.1 El diseño, la construcción y la puesta en marcha de las Refinerías de Tula, Cadereyta y Salina Cruz.**
    - 1.3.2 La reconfiguración de la Refinería de Minatitlán.**
    - 1.3.3. Información de La Refinería Bicentenario en Tula**
    - 1.3.4. Información de nuevas refinerías en el mundo.**
- 2. El Proyecto de la Refinería de Dos Bocas.**
  - 2.1 Alcance del proyecto**
  - 2.2 Instalaciones dentro de límite de baterías**
  - 2.3 Instalaciones fuera del límite de baterías.**
- 3. Los principales temas de preocupación.**
  - 3.1 Tiempo fijado para el desarrollo del proyecto por la presente administración.**
  - 3.2 El Estado Financiero de Pemex**
  - 3.3 El terreno seleccionado**
    - 3.3.1 Características**
    - 3.3.3 La cantidad de terreno disponible**
    - 3.3.4 La influencia del cambio climático en Dos Bocas.**
- 4. Conclusiones y recomendaciones**
- 5. Bibliografía**
- 6. Anexos**
  - Anexo 1: Propiedades del crudo Maya**

**Anexo 2: Facilidades adicionales que se requerirán para el correcto funcionamiento de la refinería y que aún no tienen ingeniería básica.**

**Anexo 3: Detalles del programa tentativo de construcción de la Refinería de Dos Bocas.**

**Anexo 4: Dimensiones aproximadas de grandes recipientes de la Refinería de la Refinería de Dos Bocas Tabasco**

**Anexo 5: Precios Unitarios de pilotes**

(a) ING. ALEJANDRO VILLALOBOS HIRIART

51 AÑOS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL  
EXFUNCIONARIO DE PEMEX Y DEL IMP.  
PRESIDENTE DEL COMITÉ TÉCNICO DE PETROQUÍMICA, IMIQ.  
MIEMBRO DEL CONSEJO CONSULTIVO DEL IMIQ.  
MIEMBRO DEL CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS NACIONALES  
VICEPRESIDENTE RAMAS INDUSTRIALES, FMPQ.  
EXACADÉMICO DE LA FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM  
ACADEMICO TITULAR DE LA ACADEMIA DE INGENIERIA  
ASESOR EN PROYECTOS DE PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS EN VARIAS EMPRESAS  
NACIONALES E INTERNACIONALES.  
ASESOR EN FINANZAS INTERNACIONALES.

Correo electrónico: [avillalo@prodigy.net.mx](mailto:avillalo@prodigy.net.mx)

**Agradecimiento:**

Agradezco los comentarios del Ing. Agustín Texta Mena al presente trabajo.

**1. Importancia del proyecto de expansión de la capacidad de producción de refinados**

La Refinería de Dos Bocas Tabasco, es el proyecto más importante en la actual administración en México, es sumamente relevante ya que es la primera expansión de la capacidad de refinación con una nueva refinería desde el año de 1988, en que se puso en operación la Refinería de Salina Cruz, Oaxaca, hace ya 31 años, o con la reconfiguración de la Refinería de Minatitlán en 2011 hace 9 años.

Las seis premisas fundamentales que ha mencionado por el Ejecutivo Federal, para ese proyecto, son las siguientes:

1. La duración del proyecto será de 3 años, para terminarla durante el mes de mayo de 2022.
2. El costo de la inversión total del proyecto será de 8 mil millones de dólares.
3. La capacidad de procesamiento de la refinería será de 340 mil barriles de crudo al día, empleando una mezcla de crudo de 22 grados API, para obtener 170 mil barriles de gasolina y 120 mil barriles de diésel de ultra bajo azufre diarios", lo que representa casi el 30% de las gasolinas importadas actualmente. La nueva refinería contara con 17 plantas de proceso.
4. Con la producción de esta nueva refinería y con la rehabilitación de las existentes, se busca ser autosuficiente en la producción de gasolinas y contribuir al desarrollo del sureste maximizando el beneficio económico y social para 2022.
5. La responsable del proyecto de la nueva refinería y de la rehabilitación de las refinerías existentes será la secretaria de Energía Ing. Rocio Nahle, quien será la encargada de la supervisión del proyecto, que se efectuara en Pemex Transformación Industrial.
6. Se comenzara a licitar la construcción a fines del mes de junio de 2019. el proyecto de Dos Bocas.

### **1.1 Justificación (1)**

A continuación se dan los argumentos por los cuales se justifica plenamente el proyecto de una nueva refinería en México:

- El arranque de la última refinería construida en México, Salina Cruz en 1988.
- La antigüedad de más de 35 años del plantel productivo del Sistema Nacional de Refinación (SNR) y de la infraestructura, tiene un gran rezago de mantenimiento y también tecnológico debido a la falta de recursos a lo largo de los últimos 18 años.

- Se ha perdido la soberanía energética que antes se tenía, al grado de importar actualmente más del ochenta por ciento de las gasolinas (600 Mb/d) y del diésel (300 Mb/d) que se consumen en México.
- El Sistema Nacional de Refinación (SNR), trabaja con una falta de respaldo operativo, que le impide poder afrontar la eventualidad de un siniestro, esta situación puede poner en riesgo el abasto nacional de petrolíferos, como ya ha sucedido.
- El riesgo que constituye para la soberanía energética del país, los crecientes y gigantescos volúmenes de importación de petrolíferos que puede ser interrumpida por desastres ambientales como el experimentado en 2005 con el huracán Katrina en Lousiana y en este mes de agosto con el huracán Harvey en Houston.
- Hay que mencionar que la importación de destilados no genera el valor agregado al petróleo producido que se genera en la industria de refinación, y adicionalmente no se generan empleos ni riqueza en territorio nacional.

Tal como se confirmó en el estudio de localización hecho por el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ) en el año de 2008 (2), el sitio ideal para esta nueva refinería sería en la Costa del Golfo de México, concretamente en el Estado de Tabasco, por las siguientes razones:

- No se tendría que invertir en onerosos costos de oleoductos y estaciones de bombeo para llevar el crudo al altiplano.
- El azufre y el coque producidos se podrían comercializar vía marítima empleando las instalaciones de la Terminal Marítima de Dos Bocas.

**Nota: En este trabajo el IMIQ recomendó que el sitio seleccionado para esta refinería fuera en unos terrenos cercanos al Centro de procesamiento de Gas de Nuevo Pemex que cuentan con una elevación de 14 metros sobre el nivel del mar, y la construcción por lo tanto, sería menos onerosa en inversión y en tiempo.**

- Se tendría un fácil acceso a las fuentes de producción de crudo y en dado caso a la importación eventual.
- No se tendría el peligro de incrementar la contaminación ambiental a las grandes ciudades del altiplano.
- Se generarían fuentes de empleo en las zonas menos desarrolladas del país.

## 1.2 Objetivo del trabajo:

Debido a que actualmente han surgido numerosos cuestionamientos de varios sectores de la ciudadanía mexicana y también del que escribe este trabajo, **acerca de la viabilidad financiera del proyecto, del presupuesto en inversión necesario para diseñar, construir y poner en marcha la refinería de 2 Bocas, así como el tiempo necesario para terminar todo el proyecto**, he decidido hacer este trabajo, con el objetivo fundamental de proporcionar elementos de juicio sólidos y fundamentados, que permitan a la ciudadanía elaborar su propio juicio alrededor de esos cuestionamientos, mediante una búsqueda bibliográfica .

También se han incluido una serie de preocupaciones que en este momento no se han despejado, acerca de la conceptualización de todas las facilidades que se requerirán para la operación correcta de la nueva refinería, incluyendo la problemática que presenta el sitio seleccionado, también se han redactado una serie de recomendaciones que consideramos pertinentes, alrededor de esos cuestionamientos con el objetivo de que las autoridades y los tomadores de decisiones los tomen en cuenta para lograr que este proyecto sea exitoso y sobre todo, que tenga la aprobación de la mayoría de la ciudadanía mexicana, donde en este momento existen grandes dudas.

Nota: Se han resaltado los párrafos que considero que son importantes.

### **1.3 Antecedentes recientes de incremento a la capacidad de refinación.**

Se incluyen las experiencias en México en el diseño, la construcción y la puesta en marcha de las tres refinerías de Tula, Cadereyta y Salina Cruz, la reconfiguración de la refinería de Minatitlán y aunque no llegó a construirse se comentan algunos datos sobresalientes de la Refinería Bicentenario en Tula.

Finalmente, se incluye información importante de las algunas Refinerías construidas en el mundo.

#### **1.3.1 El diseño, la construcción y la puesta en marcha de las Refinerías de Tula, Cadereyta y Salina Cruz. (3)**

Durante la década de 1970 a 1980, las ampliaciones de las refinerías que se encontraban en México en operación, Azcapotzalco,

Salamanca; Madero y Minatitlán y las ampliaciones que se habían llevado a cabo, llegaron a una saturación tal, que no permitieron la instalación de nuevas plantas, ya que la acumulación de plantas en los sitios existentes, provocaba deficiencias en la operación y control, además de que no existían áreas disponibles para la instalación de nuevas unidades, por lo tanto se inició la instalación de nuevos centros de trabajo para refinación, siguiendo los resultados y pautas que se habían obtenido en la década de 1960 a 1970, en la construcción en centros de trabajo de tamaño mediano en el ramo de la petroquímica (Cosoleacaque, Camargo, Pajaritos, San Martín Texmelucan, Reynosa y Poza Rica).

Cabe mencionar que en aquel tiempo, en Pemex existía la Subdirección de Proyecto y Construcción de Obras, quien era el brazo ejecutivo para realizar los proyectos de expansión de la capacidad productiva, en esa entidad se conceptualizaban las bases de usuario y la tecnología básica y la ingeniería básica proveniente de las entidades operativas y se contrataba y supervisaba la ingeniería de detalle que se desarrollaba en diversas empresas como Bufete Industrial, ICA, el Instituto Mexicano del Petróleo, Panamericana de Ingeniería, Latinoamericana de Ingeniería y otras, **con una capacidad anual para desarrollar proyectos que alcanzaba los 40 millones de horas hombre, (Cada refinería requiere de entre 10 y 12 millones de horas hombre para su diseño)**, además se contaba con una política de fortalecimiento de las empresas mexicanas de fabricantes de recipientes, cambiadores de calor, tubería, como Swecomex, Industria del Hierro, Avante, Consorcio Industrial, etc., esta sinergia facilitó la realización de proyectos de esta envergadura.

De esta forma nacieron los proyectos de las Refinerías de Tula, a la que se le destinó originalmente un **terreno de 707 hectáreas y una capacidad de proceso de crudo de 325,000 b/d y Cadereyta a la que se le destina un terreno de 767 hectáreas y para fines de esta década la de Salina Cruz a la que se le destina un predio del orden de las 750 hectáreas, sin contar las 20.3 hectáreas de la Terminal y Puerto de Salina Cruz**. Las tres refinerías fueron diseñadas para procesar crudo ligero istmo, posteriormente y con la producción de Cantarell se modificó la alimentación de crudo para una mezcla de crudos (Istmo 70% y Maya 30%), y más recientemente, ya en este siglo, se consideró para las reconfiguraciones de Cadereyta, Madero y Minatitlán procesar 100% crudo maya.

La selección de los sitios respondió a las necesidades regionales de suministro de petrolíferos, y también para fortalecer las economías y problemas regionales de empleo.

La selección de las tecnologías y los proyectos de ingeniería básica para las Refinerías de Tula y Cadereyta se inician en 1972, se buscaron diseñar dos trenes de plantas de proceso de la misma capacidad de procesamiento, usando módulos semejantes, hasta donde fue posible, para facilitar el diseño, la operación y el mantenimiento, los proyectos de construcción, con el acondicionamiento de los sitios seleccionados se iniciaron en Tula en el año de 1973 y al terminar la construcción en 1976, las instalaciones fueron arrancando por partes, primero un tren y luego el otro, de esta manera en ese año se terminó el proyecto y la construcción de la planta preparadora de carga y la planta combinada No. 1 y la planta de desintegración catalítica (FCC No. 1) y durante 1977, la planta reductora de viscosidad, la hidrosulfuradoras de gasolina, de querosina, diésel, reformadora de naftas y fraccionadora de ligeros, o sea que tomo 5 años terminar el primer tren de la refinería. El segundo tren de la refinería fue puesto en marcha hasta 1987. (3).

La construcción de la planta de destilación combinada No. 1 de la Refinería de Cadereyta se termina en 1979, posteriormente se pusieron en operación la planta de destilación combinada No. 2, (1980), la planta de desintegración catalítica (FCC No. 1), la planta recuperadora de azufre, en 1981 se terminaron las plantas hidrosulfuradoras de nafta, querosina y diésel, la reformadora de naftas, la fraccionadora de gases y la llevo 8 años completarla. (3).

El proyecto de ingeniería de detalle de la Refinería de Salina Cruz se inició en 1972 y fue hasta 1979 cuando se puso en operación la planta de destilación primaria, en 1980 la planta de desintegración catalítica (FCC), y entre 1981 y 1983, se terminaron las plantas hidrosulfuradoras de nafta, querosina y diésel, la reformadora de naftas, la fraccionadora de gases y la planta recuperadora de azufre, tomo prácticamente 9 años terminar su construcción. (3).

### **1.3.2 La reconfiguración de la Refinería de Minatitlán. (4) (5).**

**El proyecto de la reconfiguración de la Refinería de Minatitlán es el esfuerzo más reciente, para incrementar la capacidad de procesamiento de crudo en el Sistema Nacional de Refinación,**

**fue desarrollado entre 2001, en las primeras etapas de ingeniería y terminado en 2011, para cumplir con los siguientes objetivos:**

- Cumplir con los ejes rectores, objetivos y estrategias del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012.
- Posicionar a la refinería más antigua del país en un nivel de eficiencia, rentabilidad y competitividad.
- Modernizar la estructura de la planta productiva y orientarla a productos de mayor valor agregado.
- Reforzar la viabilidad económica del centro de trabajo.
- Aumentar la producción de destilados y mejorar la calidad de los combustibles.
- Incrementar el proceso de crudo Maya.
- Ampliar la capacidad de proceso de petróleo crudo hasta 350 miles de barriles por día.  
Nota: Aparentemente hay un error en el Libro Blanco (5), ya que la capacidad de la Refinería de Minatitlán ya reconfigurada quedo en 285,000 b/d.
- Contribuir a cubrir parte de la demanda de gasolinas y sustituir importaciones.
- Aportar mayores volúmenes de diésel de ultra bajo azufre (UBA) y turbosina, y reducir la producción de combustóleo.
- Cumplir con la normativa ambiental. (4).

El proyecto incluyo las siguientes instalaciones:

- 1.3.2.1 Construcción del camino de acceso de 4.56 kilómetros (km) con seis puentes.
- 1.3.2.2 Acondicionamiento del sitio en una extensión de 72 hectáreas. El {área total del predio fue de 800 hectáreas (4).
- 1.3.2.3 Unidad de servicios auxiliares con dos calderas, protección de energía y turbina de contrapresión.
- 1.3.2.4 Unidad de tratamiento de aguas amargas con cuatro trenes.
- 1.3.2.5 Unidad de integración.
- 1.3.2.6 Unidad de destilación combinada para 100% crudo Maya.
- 1.3.2.7 Unidad de desintegración catalítica FCC-2.
- 1.3.2.8 Unidad hidrosulfuradora de diésel.
- 1.3.2.9 Unidad hidrosulfuradora de gasóleos.
- 1.3.2.10 Unidad generadora de hidrógeno.

- 1.3.2.11 Unidad recuperadora de azufre.
- 1.3.2.12 Unidad de coquización retardada y planta de gas asociada.
- 1.3.2.13 Unidad regeneradora de amina.
- 1.3.2.14 Unidad hidrodesulfuradora de naftas de coquización.
- 1.3.2.15 Unidades de alquilación U-18000 y U-19000.
- 1.3.2.16 Línea de oleoducto de 24 km x 30 pulgadas de diámetro nominal.
- 1.3.2.17 Línea de gasoducto de 12 km x 12" de D.N.
- 1.3.2.18 Línea de hidrogenoducto (HD) de 25.4 km x 10" de D.N.

La inversión total del proyecto fue de 3,559 MMUS\$, al momento de su inauguración en julio de 2011.

**Durante la construcción se creó un estimado de 7,000 empleos directos y 15,000 empleos indirectos y alrededor de 500 puestos de trabajo adicionales para la operación de las nuevas instalaciones.**

Adicionalmente, el proyecto involucró esquemas de promoción de contenido nacional, en beneficio de contratistas nacionales.

### **1.3.3 Información de la Refinería Bicentenario de Tula Hidalgo. (6).**

Aunque la construcción de la Refinería Bicentenario en Tula, fue suspendida durante el mes de septiembre de 2014, se desarrolló prácticamente toda la ingeniería básica de los diferentes procesos que la conformaban, la cual puede ser aprovechada para la nueva refinería de Dos Bocas. La inversión gastada para el desarrollo de esta obra fue de \$620 millones de dólares.

Los objetivos del proyecto fueron:

- Procesar 250 MBPD de crudo pesado tipo maya de 22 grados API y el procesamiento de 67 MBPD de residuales.
- Aumentar la producción de destilados en SNR en al menos 230 Mbd.
- La totalidad de la gasolina y del diésel producidos deben ser de una calidad ultra bajo azufre.
- Disminuir la oferta de combustóleo en 70Mbd en el centro del país mediante su procesamiento en las nuevas instalaciones.
- Cumplimiento de la normatividad vigente, a través de la utilización de tecnología de última generación.
- Aumentar la confiabilidad de las operaciones que aseguren niveles de riesgo mínimos, de acuerdo a los más exigentes estándares internacionales.

- Incorporación de sistemas para reducir el impacto de sus operaciones en materia del aire, suelo y la generación de residuos peligrosos.
- Optimizar el uso del agua, la industria de refinación nacional tendrá que utilizar aguas negras tratadas como insumo para los sistemas de generación de vapor y enfriamiento, diseñando estos últimos con preferencia al uso de aire.
- Administración del hidrógeno, infraestructura requerida para la recuperación y reutilización del mismo, evitando hasta donde sea posible la construcción de grandes instalaciones, maximizando el aprovechamiento de gas natural.
- El diseño de la Refinería será bajo el esquema del uso eficiente de energía, para que se ubique en un nivel competitivo con la Costa Norteamericana del Golfo de México (CNGM) cuyo índice de intensidad energética es de 90 (Salomón).
- **Tiempo estimado de ejecución del proyecto de 7 años iniciando en 2009 y finalizando el año 2015.**
- **El costo total estimado del proyecto para la refinería Bicentenario de Tula II fue de \$11,610 MMUSD (Clase IV (20%/+35%)), con un valor presente neto de \$2,192 MMUSD, y una tasa interna de recuperación TIR de 16.8%. (7).**

La inversión comprendió lo siguiente:

1. Instalaciones Dentro de Límite de Batería
  2. Servicios Auxiliares
  3. Plantas de Tratamiento de Aguas residuales
  4. Líneas de Integración
  5. Desfogues
  6. Almacenamiento y Movimiento de Productos
  7. Sistemas de Telecomunicación
  8. Sistemas de Seguridad
  9. Obras Eléctricas
  10. Infraestructura: Edificios y urbanización
  11. Cogeneración
  12. Ductos Inter-Refinerías
  13. Ductos Externos
- Se planeó la utilización de tecnologías de manejo de gases de combustión de calentadores, en una sola chimenea. Quemadores de campo sin emisión de humos ni ruido, con chimenea comunes en los calentadores a fuego directo.
  - Contar con una refinería socialmente responsable de alta conversión, rentable, eficiente, con altos índices de seguridad y altos estándares

de protección al medioambiente, respecto de empresas de clase mundial.

### 1.3.4 Información de nuevas refinerías en el mundo.

La Agencia Internacional de Energía (IEA), en su reporte de Programa de Análisis de Tecnología de Energía (8), reporta los siguientes datos importantes:

Rendimientos promedio en las refinerías del mundo:

1.3.4.1. Porcentaje de conversión a gasolinas 42.2%.

1.3.4.2 Porcentaje de conversión a diésel/ gasóleos 27.2%.

1.3.4.3 Capacidad global de refinación del petróleo: 93 MMb/d

1.3.4.4 Promedio de costo de inversión de nuevos proyectos de refinerías: 31.9 miles de dólares por b/d de procesamiento de crudo. (Si se usara este promedio para calcular la inversión en la Refinería de Dos Bocas, esta sería de **\$ 10,846 MMUSD sin contar las obras de infraestructura fuera de límites de batería**).

Desde luego es importante comentar que este promedio será función de la composición y las características del crudo con el que se diseñe la nueva facilidad.

1.3.4.5 Promedio de costo de 20 a 24.4 USD por b/d para expansión de procesamiento (revamp) en refinerías existentes. (Dependiendo de la complejidad de expansión la refinería y las características y composición del crudo alimentado).

1.3.4.6 Los costos de operación de algunas refinería de los Estados Unidos promedian 3.50 a 4.6 USD/b.

1.3.4.7 El Instituto Mexicano de la Competitividad (IMCO, AC) (9), Desarrollo el estudio: Diagnostico IMCO, Refinería de Dos Bocas, el 9 de abril de 2019, indican que el costo promedio de inversión por barril es de \$ 23,840, con una desviación estándar de \$ 5,959 dólares, **dando como resultado que la inversión promedio estimada para la Refinería de Dos Bocas es de \$ 8,098 Millones de dólares**, en ese número no aclaran si incluye el costo de los proyectos fuera del límite de baterías.

1.3.4.8 En ese mismo estudio, IMCO incluye información sobre el tiempo de construcción en nuevas refinerías que se ha observado para varios proyectos, información que se incluye en la siguiente tabla:

<b>Nombre del Proyecto</b>	<b>Tiempo de construcción en años</b>
Comperj, Brasil	15
Al-Zour, Kuwait	14
Abreu e Lima, Brasil	12
Refinería del Pacífico, Ecuador	10
Yanbu-Arabia Saudita	9
Jazan-Arabia Saudita	7
SATORP-Arabia Saudita	7
Sturgeon NWR, Canadá	7
Jamnagar, India	3 (Nota)

(Nota): La Refinería de Jamnagar inicio sus operaciones en el mes de julio de 1999 con una capacidad instalada de 668,000 b/d y después se incrementó a 1, 240,000 b/d.

1.3.4.9 El Senado de la Republica, publico en el 30 de julio de 2008, Un estudio de viabilidad para construir una nueva refinería (10), concluyen que la inversión para una refinería de una capacidad de 300,000 b/d de capacidad de procesamiento de crudo Maya e incluyendo la inversión para obras fuera del límite de baterías, fue estimada en \$ 8,171 millones de dólares (de Septiembre de 2010).

El estudio comprendía una comparación entre varias posibles localizaciones, entre las que se encontraban:

Cadereyta NL., Campeche, Campeche, Dos Bocas, Tabasco, Cangrejera y Minatitlán, Veracruz, Manzanillo, Colima, Salina Cruz, Oaxaca, Tula, Hidalgo y Tuxpan, Veracruz.

No se consideró a Salamanca por restricciones de espacio y por problemas de dispersión de contaminantes.

## **2. El Proyecto de la Refinería de Dos Bocas.**

### **2.1 Alcance del proyecto**

#### **2.1.1. Instalaciones dentro de límite de baterías**

Las instalaciones de proceso, que hasta ahora se han definido, se describen a continuación (11):

1. Plantas de destilación combinada (Dos).
2. Planta hidrodesulfuradora de naftas
3. Planta hidrodesulfuradora de diésel

4. Planta hidrosulfuradora de gasóleos
5. Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases
6. Planta coquización retardada
7. Planta desintegración catalítica
8. Planta reformadora de naftas
9. Planta isomerizadora de pentanos/hexanos
10. Planta isomerizadora de butanos
11. Planta alquilación
12. Planta producción de hidrógeno
13. Planta aguas amargas Fenólicas
14. Planta aguas amargas No Fenólicas
15. Planta regeneradora de aminas sin CO<sub>2</sub>
16. Planta regeneradora de aminas con CO<sub>2</sub>
17. Planta recuperación de azufre.

Nota:

La última decisión de Pemex es el de instalar dos trenes de destilación combinada, de una capacidad total de 340,000 b/d de capacidad de procesamiento de crudo maya de 22 grados API, el mismo que se usó para la refinería Bicentenario de Tula. En el Anexo 1, se incluyen las características de este crudo (7). Sin embargo existirán dos columnas de destilación al vacío.

Aparentemente en esa lista faltaron las plantas hidrosulfuradora de nafta de coquización, la planta hidrosulfuradora de turbosina y la planta de destilación reactiva para producir gasolinas dentro de la especificación de 5 ppm de azufre.

Para reducir el tiempo del desarrollo de la ingeniería de detalle y del proceso de procura, se usaran las plantas de la reconfiguración de la refinería de Minatitlán, y la tecnología e ingeniería básica de la Refinería Bicentenario de Tula a las que falten.

Adicionalmente, para el correcto funcionamiento de la refinería, se requerirán las siguientes facilidades, (Ver Anexo 2), las cuales aún carecen de desarrollo de ingeniería básica, por lo cual una vez dimensionadas deberá desarrollarse con el consecuente proceso de ingeniería de detalle, procura y construcción.

**Nota importante:**

**Entendemos que la selección del terreno en Dos Bocas fue una decisión política**, pero es necesario comentar que el procedimiento recomendado por los expertos, (13), (14), para la selección del sitio en la realización de proyectos de esta magnitud, es la de hacer un comparativo técnico y económico de diferentes localizaciones, y una vez comparadas las calificaciones obtenidas en base a la rentabilidad financiera del proyecto, se selecciona la opción que proporciona mayor rentabilidad y el menor riesgo para el proyecto. De esta forma se hicieron el Estudio del IMIQ (1), y la del Senado de la Republica (10).

### **3. Los principales temas de preocupación.**

#### **3.1 Tiempo fijado para el desarrollo del proyecto por la presente administración.**

De acuerdo a la experiencia que Pemex ha tenido en el desarrollo de los proyectos de expansión de producción del SNR, que ha tenido en toda su historia, no se ve probable que el proyecto de la Refinería de Dos Bocas se termine en 3 años, máxime cuando aún no se conceptualizado totalmente todo el proyecto tal como se explicó en el alcance de los trabajos necesarios para la Refinería de Dos Bocas.

Para contar con una referencia de los trabajos a desarrollar, de acuerdo a nuestra experiencia se ha desarrollado un programa tentativo de las actividades a realizar, que arroja que la puesta en marcha de la refinería de Dos Bocas será hasta el primer semestre del año de 2024. En el Anexo 3 se explican cada una de estas actividades, dando nuestro punto de vista en cada una de las 22 actividades principales, para justificar su duración.

**Cada una de estas actividades deberá de programarse individualmente, incluyendo las líneas críticas, para tener un mayor control para el desarrollo del proyecto.**

Actividad	Junio/ dic-19	Dic/ jun-20	Junio/ dic-20	Dic/ jun-20	Junio/ dic-21	Dic/ jun-21	Junio/ dic-22	Dic/ jun-22	Junio/ dic-23	jun-24
3.1.1. Terminar la definición de todos los proyectos de ingeniería básica	████████									
3.1.2. Preparación y asignación de contratos de ingeniería de detalle	████████████████									
3.1.3 Terminación de la Mecánica de suelos.		████████████████								
3.1.4. Permisos de Impacto Ambiental		████████████████								
3.1.5. Desarrollo de proyectos de ingeniería de detalle		██								
3.1.6. Procura de equipos		██								
3.1.7. Preparación y asignación de contratos de construcción		████████								
3.1.8. Procura de materiales			██							
3.1.9. Rehabilitación del terreno y la obra civil			██							
3.1.10. Construcción de nuevas vías de acceso al sitio		████████								
3.1.11. Construcción de la ampliación del puerto		██								
3.1.12. Transporte de equipos al sitio					██					
3.1.13. Instalación y erección de equipos							██			
3.1.14. Instalación de tubería						██				
3.1.15. Instalación de Instrumentos								██		
3.1.16. Instalación equipo eléctrico								██		
3.1.17. Instalación aislamiento Aislamiento							██			
3.1.18. Pintura							██			
3.1.19. Construcción de obras fuera del límite de batería					██					
3.1.20. Pruebas de equipos									████████████████	
3.1.21. Capacitación									████████████████	
3.1.22. Puesta en marcha									████████████████	

### 3.2 El Estado Financiero de Pemex.

Pemex en su reporte del estado financiero al 31 de marzo de 2019, reporto que el tipo de cambio se ubicó en 19.3793 pesos por dólar, por lo que la deuda financiera registrada es **MXN 2,063.9 mil millones, o USD 106.5 mil millones. (11).**

Por otro lado la calificación crediticia de largo plazo en moneda extra agencia es la siguiente:

Agencia	Calificación	Perspectiva
S&P	BBB+	Negativa
Fitch	BBB-	Negativa
Moody's	Baa3	Estable

Por la situación anterior, es prioritario evitar un descalabro financiero en el proyecto de la Refinería de Dos Bocas, ya que puede generar una grave crisis de las finanzas públicas de todo México.

### 3.3 El terreno seleccionado

Otra actividad trascendente en la ruta crítica del total del proyecto es la **definición de la ingeniería civil y el acondicionamiento del terreno, ya que el área seleccionada en Dos Bocas se encuentra prácticamente al nivel del mar y carece de un gradiente de altura para drenar el agua residual del proceso hacia la planta de tratamiento de efluentes, lo cual representa un problema potencial para el proyecto.** Ver figura 2:

**Figura 2: Vista panorámica de la Terminal de Dos Bocas y del lugar en donde se construirá la nueva refinería.**



No se conoce por parte del autor, si ya se ha terminado el **estudio completo de mecánica de suelos**, para lo cual es prioritario contar con un **diagrama de localización general**, en donde se sitúen los equipos de mayor peso en operación, indicando las coordenadas y el peso estimado, hay que recordar que dado el gran tamaño de la Refinería, especialmente en las grandes columnas de **destilación, los reactores de FCC, de Reformación, de hidrodesulfuración, en los tambores de coquización y en los compresores**, la situación de la eliminación de los asentamientos en el terreno, de estos equipos es un tema crítico. (Ver Anexo 4).

Otro tema fundamental que deberá resolverse es el problema del terreno y del nivel de agua freática, Estos suelos sólo están libres de manto freático superficial por 30 a 40 días al año, en ellos el manto freático desciende hasta 50 cm de profundidad en promedio. **Por otro lado el área de Paraíso está sujeto a subsidencias debido a la acumulación de grandes cantidades de sedimentos, que se compactan y propician un hundimiento generalizado de esta porción de la llanura costera.**

En este momento no sabemos cómo se solucionara el problema por la mala calidad del terreno, si con la adición de plataformas con material externo de aporte para la consolidación de plataformas y buscar la compactación del terreno, combinando con la adición de pilotes en donde se requiera para evitar los asentamientos. **Es**

conveniente mencionar que se tiene la experiencia que durante el acondicionamiento de las 74 ha de la reconfiguración de la Refinería de Minatitlán, se hincaron 58,000 pilotes de entre 15 y hasta 50 metros de longitud, que tuvo un costo del orden de 150 MMUSD para adecuar el terreno, afectando el tiempo del proyecto dada la magnitud de la obra. Cabe mencionar que durante este proyecto se implementaron plataformas con material de aporte para proporcionar el gradiente hidráulico para permitir el drene desde las plantas hasta la unidad de tratamiento de efluentes. En el caso de Dos Bocas, no solo se tendrá que pilotear el área de la refinería, sino las vías de acceso terrestre, incluyendo los puentes, así como la expansión del puerto.

Nota: Para tener una idea actualizada del costo unitario de la instalación de pilotes, y de la inversión que se requerirá, que es sumamente onerosa, la inversión se podrá determinar una vez terminados todos los estudios de geofísica y de mecánica de suelos, tanto en la refinería, como en las nuevas vías de acceso, como en el puerto, para lograr lo anterior habrá que terminar la ingeniería básica extendida correspondiente. En el Anexo 5, se incluyen los precios actualizados, para un proyecto de la CFE.

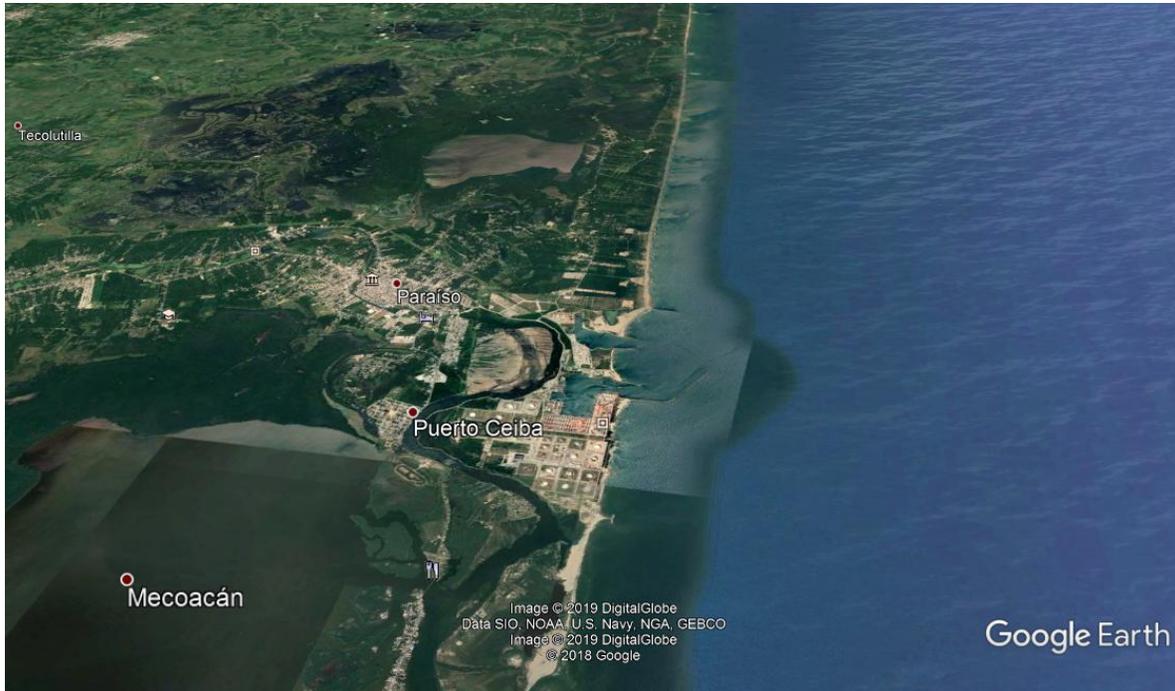
Para la adecuación del terreno, para permitir el drenaje de agua residual de las plantas de la refinería hacia la planta de tratamiento de efluentes, se ha elaborado un cálculo preliminar, para la construcción de las plataformas en las 570 hectáreas, con material de aporte, que se tendrá que llevar al sitio seleccionado para la refinería, que permitan establecer un gradiente hidráulico de aproximadamente 4.5 metros en promedio, que es la elevación que tienen los tanques de almacenamiento de crudo de la actual terminal, se requerirá del suministro de material de aporte por aproximadamente 22.8 millones de metros cúbicos, lo que significan 760,000 de viajes de camiones de 30 metros cúbicos de tierra cada uno, desde el sitio de aporte, lo cual llevara poco más de un año y tendrá que establecerse la ruta y los caminos necesarios para efectuarlo.

En la figura 3 se muestran los caminos existentes que son inapropiados para el aporte de materiales, especialmente durante la adecuación del terreno, y para el tránsito de los grandes equipos, cuyas dimensiones se detallan en el Anexo 3.

Nota:

Es importante mencionar que en las tres grandes refinerías existentes, Tula, Cadereyta y Salina Cruz, tienen terrenos de un promedio de 750 hectáreas, por lo que **existe la sospecha fundamentada que las 540 hectáreas pueden ser escasas**, si este es el caso, habrá que incrementar el material de aporte.

Figura 3. Los caminos existentes hacia el Puerto de 2 Bocas no son adecuados para la construcción de la refinería.



**Para la programación de la etapa de construcción, deberá de considerarse que en esta zona del país el clima se caracteriza por altas precipitaciones, en promedio 3 000 a 4 000 mm por año y una temperatura promedio de 25°C, en el periodo anual de junio a octubre.**

#### **3.4.4 La influencia del cambio climático en Dos Bocas**

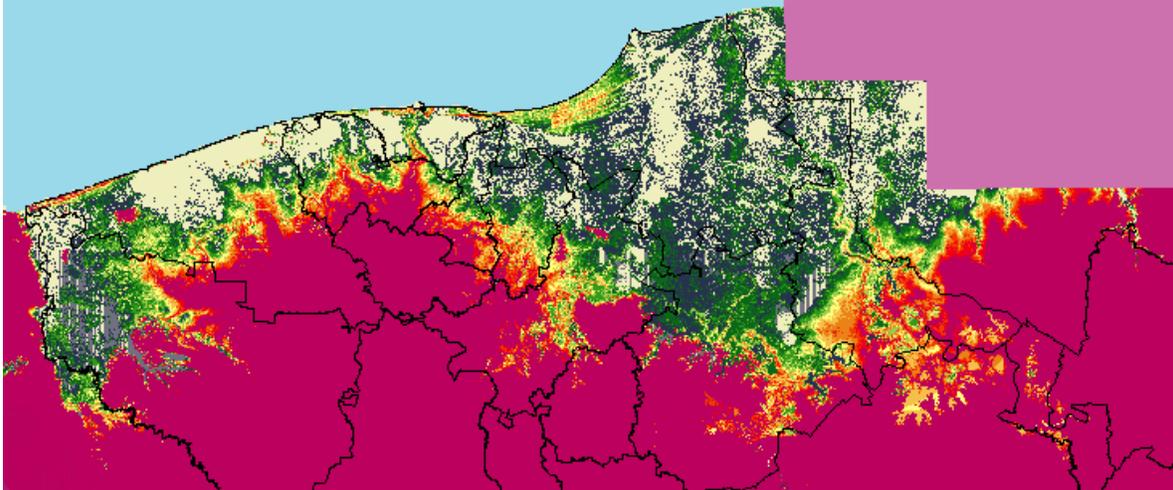
Para el proyecto de ampliación del Puerto de Dos Bocas y también para el proyecto de la Refinería **deberá de considerarse los diferentes pronósticos posibles de elevación del nivel del mar en dependencia de las acciones implementadas para mitigar el cambio climático**, sin embargo los últimos escenarios globales, estiman una posible elevación desde poco más de 60 cm hasta 1.30 m para el 2100. **Para el proyecto este tema resulta en una amenaza importante por los impactos descritos anteriormente y porque un porcentaje importante del estado es de baja altitud incluyendo regiones por abajo del nivel del mar. (12).**

En general el aumento relativo del nivel del mar tiene una gran variedad de efectos sobre los procesos costeros, además de elevar el nivel del océano, **el aumento del nivel del mar favorece el incremento de diversos procesos costeros relacionados con este componente (mareas, oleajes, etc.). (12).**

Sin embargo los impactos más visibles asociados a este aumento en el nivel del mar, **se reflejan en inundaciones futuras, particularmente en zonas costeras. En cuanto a los impactos a largo plazo se reflejarán en cambios en la línea de costa, variaciones en los procesos de erosión costera, pérdida de las lagunas costeras, salinización de humedales, principalmente en dos direcciones:**

cambios en oleajes, mareas y oleadas y cambios en la morfología costera. Ver Figura 4.

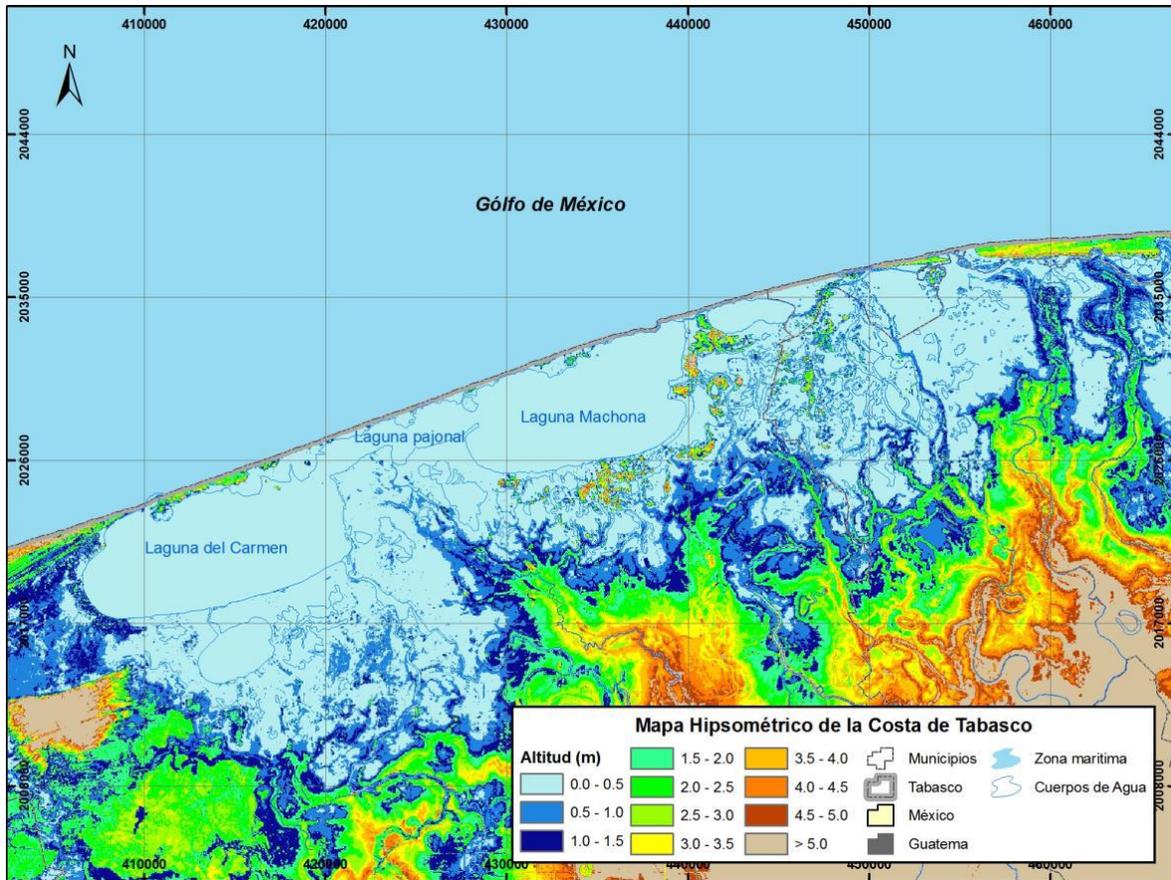
**Figura 4: Se muestran las zonas en color crema que pudieran ser afectadas por una elevación de 1 metro sobre el nivel del mar. (12).**



Todos estos impactos deberán de ser considerados en el proyecto, ya que se estima una vida útil de la refinería de al menos 30 años, tiempo en se espera se incrementen los efectos del cambio climático en esta zona.

En la figura 5 se aprecia la vulnerabilidad en la que se encuentra la zona de las lagunas costeras de Carmen-Pajonal-Machona que corresponden a los municipios de Cárdenas y Paraíso, ante la amenaza de la elevación media del nivel del mar en tres tonos de azul que ocurriera entre 0 y 1.5 metros de altitud. Como se aprecia las mismas no solo se perdería terreno de costa, sino que sería un punto de entrada de salinización a los diferentes arroyos que desembocan en ellas.

**Figura 5: Vulnerabilidad en las Zonas de lagunas costeras Carmen-Pajonal-Machona que corresponden a los municipios de Cárdenas y Paraíso.**



#### **4. Conclusiones y recomendaciones.**

La Refinería de Dos Bocas Tabasco, es el proyecto más importante en la actual administración en México, es sumamente relevante ya que es la primera expansión de la capacidad de refinación con una nueva refinería desde el año de 1988, en que se puso en operación la Refinería de Salina Cruz, Oaxaca, hace ya 31 años, o con la reconfiguración de la Refinería de Minatitlán en 2011 hace 9 años.

En nuestro concepto se trata de un proyecto prioritario para mejorar la soberanía energética de México, sin embargo la actual situación financiera de Pemex, nos obliga a ser sumamente eficientes en las futuras inversiones y más de la magnitud de una refinería de una capacidad de procesamiento de 340,000 barriles de crudo, con una configuración de procesamiento de fondo de barril, que la harán la más importante y moderna de nuestro país.

Sin embargo, la localización en el Puerto de Dos Bocas, no es la más adecuada, por las características del suelo, el alto nivel de agua freática, la carencia de desniveles y la vulnerabilidad al cambio climático.

La construcción en ese lugar será mucho más onerosa en la inversión de \$ 8,000 millones de dólares, debido a las adecuaciones del terreno, las nuevas vías de acceso que se requerirán, la adecuación del puerto, el riesgo por el cambio climático y las obras de infraestructura dentro, y fuera del límite de baterías, todo lo anterior no ha sido aún presupuestado ya que aún no se ha desarrollado la ingeniería de proyecto correspondiente, que permita evaluar la inversión.

Considero que la mejor aproximación a la inversión final es la que se calculó por Pemex para la Refinería Bicentenario de Tula de:

**\$ 11,610 MMUSD (Clase IV (20%/+35%) (7).**

**Desde luego a este monto habrá que agregar la inversión de todas las obras de infraestructura que se han descrito para poder construir y operar correctamente la refinería.**

Sobre el tiempo de la terminación de los proyectos de ingeniería, la procura y la construcción, hemos hecho un programa tentativo, en el que hemos incluido la experiencia en el desarrollo de esta magnitud de facilidades, en el se muestra que **se llevara del orden de 5 años, terminar y poner en operación esta facilidad.**

Lo anterior confirma la postura de las cuatro empresas, de las más importantes del mundo en el campo de la construcción de refinerías, a las que se les invito a participar en el concurso de la administración del proyecto de la Refinería de Dos Bocas (un consorcio conformado por la originaria de Virginia, Bechtel y la italiana Techint; la estadounidense Jacobs en asociación con la australiana Worley Parsons; la estadounidense KBR y la francesa Technip, que retiró su propuesta antes de que el gobierno emitiera este fallo), en el sentido del monto de la inversión,

que era superior a los \$ 8,000 millones de dólares y del tiempo para terminar la construcción, que resultaba mayor a los tres años originalmente presupuestados.

Cabe hacer el comentario que Pemex, en toda su historia aun cuando existía la Subdirección de Proyectos y Construcción de Obras, no ha concluido una refinería en menos de ese tiempo, las últimas refinerías fueron puestas en operación en un tren y posteriormente el otro, en este caso solo existirá un solo tren de procesamiento.

Por todo lo anteriormente expuesto, respetuosamente haría las siguientes recomendaciones:

5.1 Dada la importancia que conlleva, se propone que se evalúe por los mejores expertos mexicanos si el lugar seleccionado es el adecuado para instalar la refinería, especialmente por el riesgo que conlleva el cambio climático y la magnitud en costo y en tiempo, la adecuación del terreno y la obra civil, Proponemos respetuosamente que este grupo sea integrado por el Dr. Mario Molina Pásquel, Premio Nobel en 1995, el Dr. Víctor Manuel Toledo Manzur, Titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), al Dr. Luis R. Vera Morales, Director Ejecutivo en Agencia Nacional de Seguridad Industria y Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) y a los ingenieros Carlos Mena Brito y Héctor Ochoa López, Expresidentes Nacionales del IMIQ y expertos en refinación y en el cuidado al medio ambiente

Si resultara que el lugar no es adecuado, deberá de buscarse una mejor opción a la brevedad posible.

Una opción que merece estudiarse, y que en particular recomiendo, es la de instalar una refinería más pequeña en Tabasco y otra en el Complejo petroquímico Cangrejera, para complementar la capacidad de expansión del SNR en 340,000 b/d, en Los Complejos Petroquímicos de Cangrejera, Morelos y la Terminal Marítima de Pajaritos ya se cuenta con toda la infraestructura necesaria para el manejo del crudo y de los productos petrolíferos y no se tendría que hacer inversión en este rubro, no se tendría que invertir en la adecuación del terreno, ni en toda la obra civil, lo que también disminuiría el tiempo de construcción de una manera importante, por otro lado este lugar tiene la ventaja adicional de poderse trabajar en paralelo con la Refinería de Minatitlán, dada su cercanía geográfica.

Hay que resaltar el hecho que en esta zona del país, no es tan vulnerable al cambio climático y también que no requiere construir nuevas vías de acceso, además de que existe suficiente reserva territorial para una área semejante a la de la reconfiguración de la Refinería de Minatitlán (72 Ha).

Por otro lado, puede usarse toda la ingeniería de detalle, ya desarrollada en la Reconfiguración de la Refinería de Minatitlán que tiene una capacidad de procesamiento de crudo de 150,000 b/d, y que ha probado que ha sido un buen diseño, lo cual disminuye el costo de la inversión en una forma importante, ya

que esta sería del orden de los \$ 3,559,000 millones de dólares y sobre todo el tiempo de desarrollo del proyecto. (4), (5).

- 5.2 Con el objetivo de no retrasar el proyecto y que se desarrolle lo mas eficientemente posible, recomiendo que se integre un grupo de expertos con experiencia probada en el desarrollo de proyectos y construcción de esta magnitud, para reforzar al actual equipo, para terminar la definición de toda la obra que comprende la refinería, dentro y fuera de límites de batería, para supervisar y vigilar que la fase de ingeniería de detalle se efectúe apropiadamente y con la corrección técnica dentro de los programas establecido en cada proyecto, para verificar la correcta fabricación de los equipos y para asistir en la fase de construcción, para evitar mala calidad y malos manejos. Cabe mencionar que la fase de ingeniería de proyecto es la más importante para definir que la inversión sea óptima y la fase de construcción es la más vulnerable en el presupuesto por la gran cantidad de recursos que ocupa.

Recomendación adicional. A este grupo de expertos deberá de dárseles el trato de especialistas y de respeto a sus conocimientos y experiencia técnica.

## 5. Bibliografía

(1) Retos y Oportunidades de Mejora en el Sector de Transformación Industrial de Petróleos Mexicanos. Ponencia presentada por el Ing. Alejandro Villalobos Hiriart a la Sección Marina Nacional del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. 20 de julio de 2017.

(2) Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQU), Estudio de Localización de una Refinería y de un Complejo Petroquímico. 2008.

(3) PEMEX, La transformación Industrial del Petróleo en México. 50 Aniversario. Subdirección de Transformación Industrial.

(4) PEMEX Refinación, Reconfiguración de la Refinería Lázaro Cárdenas en Minatitlán Veracruz. Libro Blanco. 2006-2012.

(5) Instituto Mexicano del Petróleo. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. Marzo 2003

(6) PEMEX. Incremento de capacidad de refinación con aprovechamiento de Residuales en Tula, Hidalgo. Octubre 2009.

(7) PEMEX. Acreditación FEL II. Incremento de capacidad de refinación con aprovechamiento de residuales en Tila Hidalgo. Septiembre de 2011.

(8) IEA Energy Technology Network. ETSAP (Energy Technology System Analysis Program). April 2014.

(9) Desarrollo el estudio: Diagnostico IMCO, Refineria de Dos Bocas, el 9 de abril de 2019.

(10) El Senado de la Republica, público en el 30 de julio de 2008, Un estudio de viabilidad para construir una nueva refineria.

(11) Instituto Mexicano del Petróleo. Proyecto Refineria de Dos Bocas. Dictamen sobre la Ingeniería. (DT IMP-001/19. 1 de Marzo de 2019.

(11) PEMEX Reporte del Estado Financiero al primer trimestre de 2019. Publicado el 30 de abril de 2019.

(12) SEMARNAT, GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO, UNIVERSIDAD AUTONOMA BENITO JUAREZ, SECRETARIA DE ENERGIA Y RECURSOS NATURALES Y PROTECCION AMBIENTAL (SERNAPAM). Proyecto Factibilidad de medidas de adaptación al cambio climático en el Estado de Tabasco. Capitulo: Estudio para identificar las zonas de impacto ante la elevación del mar, la erosión y subsidencia en el Estado de Tabasco y sus escenarios en el tiempo. 2015.

(13) Applied Project Management for the Process Industries. Ernest E. Ludwig. Gulf Publishing Company. 1974. Houston. Chapter 3 Site Selection and Evaluation.

(14) Project Engineering of Process Plants. Howard F. Rase and M.H. Barrow. John Wiley and Sons. New York. 1968. Chapter 2. Plant Location.

(15) Presidencia de la Republica, SENER, PEMEX, Comunicado de prensa. 9 de mayo de 2019.

## **Anexo 1: Propiedades del crudo Maya**

Es de naturaleza intermedia parafinita, de tipo pesado, ( $K_{UOP}$  11.74), se usara en el diseño:

<b>Propiedad</b>	<b>Crudo Maya actual</b>	<b>Especificaciones si se comprara</b>
Gravedad API	22.09	21 min.
Agua y sedimento %	0.3	0.5
Azúfre total % peso	3.279	3.60 máx.
Presión de vapor Reíd, lb/plg <sup>2</sup>	5.97	6.5 máx.
Contenido de sal, lb./10,000 b	55.31	50.0 máx.
No. De Neutralización (acidez), mg KOH/g	0.21	0.28 máx.
Asfáltenos en nC <sub>7</sub> , % peso	10.45	10.6 máx.

Níquel, mg/Kg (ppm)	50.82	54 máx.
Vanadio, mg/2Kg (ppm)	260.75	270 Max.

**Anexo 2: Facilidades adicionales que se requerirán para el correcto funcionamiento de la refinería y que aún no tienen ingeniería básica.**

Servicios Auxiliares:

- Sistema de Tratamiento de agua
- Generación de vapor
- Generación de energía eléctrica
- Sistema de agua de enfriamiento
- Sistema de gas inerte
- Sistema de aire de instrumentos
- Sistema de aire de plantas

Tanques de almacenamiento atmosféricos

- Para materias primas
- Productos intermedios
- Productos terminados
- Tanques de agua contra incendio
- Sistema de desalado de crudo

Tanques de almacenamiento esféricos

- Materias primas
- Productos intermedios
- Gas Licuado producto
- Propileno

Integración

1. Casas de bombas
  - Carga a plantas

- Salida de productos a poliductos y TAR
  - Manejo de gas Licuado
  - Transporte de residuales
2. Líneas de proceso para la integración interior entre plantas, áreas de almacenamiento y casas de bombas.
  3. Sistema de mezclado de gasolina
  4. Red de gas combustible con tanque de balance
  5. Líneas de suministro de servicios a plantas de proceso y áreas de almacenamiento.
    - Vapor de alta, media y baja presión.
    - Agua de enfriamiento.
    - Agua de procesos.
    - Agua de servicios
    - Agua Potable.
    - Aire de instrumentos y de plantas.
    - Aire de respiración
    - Paquetes de Suministro de Nitrógeno
    - Condensados recuperados.
    - Agua de calderas.
    - Energía eléctrica.
    - Anillo de hidrógeno entre plantas productoras y consumidoras.
    - Sistema de agua contraincendios (bombas de agua contra incendio)
    - Red general de agua contra incendio en todas las áreas
    - Áreas de carga/descarga de productos. (Ejemplos: Isobutano)
    - Espuelas de ferrocarril para recibo de catalizadores y desalojo de coque y azufre
    - Sistema de desfogue
    - Quemadores específicos para servicios de:

- Alta presión
- Baja presión
- Ácido H<sub>2</sub>S
- Ácido Fluorhídrico (trazas de desfogue de planta de alquilación).
- Sistema de distribución de servicios de telecomunicaciones (voz, datos y video).
- Anillos de recolección de aguas amargas y de distribución de aguas desflemadas.
- Red de aminas.
- Red de energía eléctrica en la refinería.
- Trampas de diablo y patines de medición.

#### Drenajes:

- Pluvial
- Aceitoso
- Contaminado
- Químico
- Sanitario
- Una planta de Tratamiento de efluentes (Tratamiento de agua residual). que tenga las facilidades para cumplir con la normatividad vigente.
- Emisor de salida de agua residual tratada. El punto de interconexión con el cuerpo de agua natural se confirmará en otra etapa posterior del proyecto, inicialmente se visualiza que es posible incorporarlo al Río Seco.

#### Otros Servicios:

- Áreas para almacenamiento y manejo de productos sólidos coque y azufre
- Área de almacenamiento para confinamiento de residuos sólidos peligrosos; de acuerdo a la normatividad.

- Sistema de carga y transporte para productos sólidos.

Obras de Urbanización (Internas):

- Calles
- Iluminación
- Estacionamientos
- Áreas verdes internas
- Franja de seguridad ecológica
- Barda perimetral.

En todo el perímetro de la refinería se deberá instalar una barda perimetral de altura suficiente coronada con concertina de acero inoxidable, así como por el interior, un camino perimetral alumbrado.

Instalación de torres de vigilancia ubicadas estratégicamente con reflectores de alta potencia y un sistema de seguridad física con videocámaras para detectar cualquier intromisión. Casetas para el control de acceso del personal de la refinería, de automóviles del personal, de automóviles oficiales, de auto tanques, de carro tanques, del personal de los contratistas y de la maquinaria requerida para mantenimiento de las instalaciones.

## **REQUERIMIENTOS DE EDIFICIOS**

El proyecto requiere la siguiente infraestructura de edificios, los cuales deberán ser totalmente equipados, de acuerdo al servicio y requerimientos propios del proyecto a definir durante el desarrollo de las diferentes ingenierías.

- Centro administrativo
- Laboratorios

En los laboratorios suministrar los equipos para efectuar las diferentes pruebas de control de los procesos de refinación.

- Talleres equipados con máquinas y herramientas para reparación, limpieza y mantenimiento de equipos de proceso.
- Central contra incendio
- Centro de Control de Emergencias (localizado fuera de la refinería ) de acuerdo a SSPA)
- Cuartos de control centralizado.
- Centros de entrenamiento y capacitación interna y por IMP
- Cuartos satélite
- Casetas de medición
- Oficinas de campo personal técnico de los sectores operativos
- Subestación de enlace con CFE
- Subestaciones eléctricas y casa de fuerza
- Casas de cambio
- Casetas de operadores en plantas y áreas industriales
- Casas de bombas, compresores y analizadores
- Talleres
- Almacenes
- Clínica médica
- Partida militar
- Casetas y torres de vigilancia
- Control de acceso personal Pemex
- Control de acceso a contratistas.
- Edificio de telecomunicaciones y central telefónica
- Gasolinera.
- Biblioteca.
- Auditorio
- Espuelas de ferrocarril internas
- Vías de acceso para auto tanques

- Obras de Urbanización (Externas)  
Caminos de acceso vehículos de personal y materiales. Ver Anexo 4.  
Estacionamientos  
Acceso autobuses paradores  
Vías ferroviarias  
Helipuertos
- Paraderos de transporte y áreas verdes.

### **Instalaciones fuera del límite de baterías.**

Se requerirán las siguientes facilidades:

- Oleoducto para transportar 340,000 b/d de crudo 100% Maya
- Un Gasoducto para suministro de 200 MMPCD de Gas Natural.
- Un LPG ducto
- Un Poliducto para transportar destilados.
- Interconexión con los poliductos existentes para el desalojo de productos terminados.
- Trampas de diablos
- Acueducto para el suministro de agua cruda de una capacidad aproximada de 100,000 metros cúbicos diarios.
- Interconexión a la red ferroviaria de la zona, para el suministro de catalizadores para las plantas de alquilación y FCC; así como para el desalojo de coque y azufre, producidos en la operación del proyecto. La infraestructura ferroviaria se puede utilizar para el arribo de equipo al sitio durante la etapa de construcción.
- Interconexión con la CFE.
- Se requerirán dotar de nuevas carreteras hacia la nueva Refinería de Dos Bocas, ya que las existentes no cumplen con los requerimientos para el flujo de carga que se requerirá durante la construcción. El diseño y construcción de estas carreteras deberá ser suficiente para el transporte de equipo pesado que se instalara en la refinería, cabe mencionar que las vías de

comunicación actuales no son adecuadas para el transporte de equipo pesado y de gran longitud.

- Una terminal de almacenamiento de productos para el abastecimiento regional.
- El actual Puerto de Dos Bocas deberá de ampliarse para las nuevas necesidades de la refinería y desde luego para recibir los embarques por mar de parte de los equipos y materiales que se usaran durante la construcción de la refinería. Ver figura 1, y Anexo 4.

**Figura 1: El Puerto de Dos Bocas Tabasco.**



- Para finalizar la discusión del alcance del proyecto, se requerirá contar con las facilidades necesarias, para transportar, alimentar y atender las necesidades de transporte, habitación, comida, sanitarias, de atención medica del personal que atenderá la construcción y que se calcula en un máximo de 50,000 personas.

### **Anexo 3: Detalles del programa tentativo de construcción de la Refinería de Dos Bocas.**

3.1.1 Terminar de definir el alcance de todos los proyectos de ingeniería básica. Se requiere tener todos los alcances definidos, y el desarrollo de la ingeniería básica extendida, para iniciar los procedimientos posteriores, se requerirá contactar y formalizar los acuerdos para utilizar las licencias de los contratos con los licenciadores e incluir las modificaciones a la ingeniería básica para modificar las condiciones de Tula a la de Dos Bocas, en los casos en donde se use esa tecnología.

También habrá de definirse los alcances de todas las facilidades, dentro y fuera del límite de baterías.

De acuerdo a nuestra experiencia, esta actividad requerirá de cuando menos 6 meses para completarse.

#### 3.1.2 Preparación y asignación de contratos de ingeniería de detalle.

Una vez terminada esta actividad, las compañías de ingeniería de detalla iniciaran los tramites de compra de los equipos y materiales, incluyendo los procedimientos de inspección de los equipos principales, por lo cual esta actividad es sumamente importante.

#### 3.1.3 Terminación de los estudios de mecánica de suelos.

Dada la decisión política de localizar la Refinería de Dos Bocas en un terreno con un nivel de agua freática superficial y prácticamente sin ningún desnivel sobre el nivel del mar, la preparación del terreno, la elevación de la superficie de construcción para permitir el drenaje hacia la planta de tratamiento de efluentes y la consecuente obra civil, son actividades sumamente importantes para la operación de la refinería y son función de los estudios geofísicos del terreno seleccionado. Hay que comentar que para la correcta definición de la construcción de las plataformas y de la especificación de los pilotes necesarios para cimentar los equipos, es necesaria la información de la localización detallada de los equipos, incluyendo su peso, esta actividad es producto de la ingeniería de detalle de cada unidad.

Además hay que agregar que las vías de acceso que son necesarias para la construcción de la refinería también necesitaran de la mecánica de suelos necesaria para poder estar en posición de elaborar un correcto diseño. Esta es una actividad crítica para el proyecto.

### **Nota importante:**

**Entendemos que la selección del terreno fue una decisión política, pero es necesario comentar que el procedimiento recomendado por los expertos, (13), (14), en la realización de proyectos de esta magnitud es la de hacer un comparativo técnico y económico de diferentes localizaciones, y una vez comparadas las calificaciones obtenidas en base a la rentabilidad financiera del proyecto, se selecciona la opción que proporciona mayor rentabilidad y menor riesgo para el proyecto. De esta forma se hicieron el Estudio del IMIQ (1), y la del Senado de la Republica (10).**

- 3.1.4 Permisos de Impacto Ambiental. En la presente administración, se ha manifestado por el ejecutivo federal que nadie está por encima de la ley, es por eso que esta actividad es prioritaria para la construcción de la refinería. Estos permisos solo pueden iniciarse con información de la ingeniería de detalle, por esa razón consideramos que se inicie a finales del año, con una duración de al menos seis meses, sobre todo porque se tendrán que evaluar los efectos del cambio climático en una zona tan vulnerable como Dos Bocas.
- 3.1.5 Desarrollo de los proyectos de ingeniería de detalle. El conjunto de estos proyectos requerirán del orden de 8 a 10 millones de horas hombre, es por eso que se le ha dado una duración de dos años y medio. De la experiencia en este tipo de proyectos, para reducir el tiempo de desarrollo y disminuir los errores, se requerirá conjuntar un grupo de expertos con experiencia en este campo para supervisar las actividades de las diferentes compañías que se contrataran, dada la poca experiencia que se tiene, producto del vacío en el diseño de este tipo de instalaciones que se ha tenido en los últimos años.
- 3.1.6 Procura de equipos. Se le ha dado una duración de dos años y medio a esta importante actividad que incluye la aprobación para la construcción y la inspección. Esta es una actividad crítica del proyecto
- 3.1.7 Preparación y asignación de los contratos de construcción. Se le da un periodo de seis meses para completar esta tarea.
- 3.1.8 Procura de materiales. Esta actividad durara prácticamente toda la etapa del proyecto.
- 3.1.9 Rehabilitación del terreno y obra civil. Esta importante actividad tomara, cuando menos, dos años y medio en hacerse dadas las condiciones del terreno, también será muy onerosa y sin duda marcará la línea crítica de la terminación de la refinería.
- 3.1.10 Construcción de nuevas vías de acceso al sitio. Esta acción es muy importante dado que las vías actuales de acceso al sitio, no son adecuadas para la carga ni para el tonelaje del transporte de los equipos y materiales, es una actividad crítica, especialmente por la rehabilitación del terreno.

- 3.1.10.1 Construcción de la ampliación del puerto. Esta es otras vías de acceso de los insumos necesarios para la construcción.
- 3.1.10.2 Transporte de los equipos al sitio. Esta actividad hacerse cuando esté completada la acción 3.1.10 y la 3.1.11.
- 3.1.10.3 Instalación y erección de equipos. Esta actividad tomara cuando menos un año y medio, si las actividades son bien coordinadas.
- 3.1.10.4 Instalación y prefabricación de tubería. Esta actividad durara cuando menos tres años y medio y es menester comenzar a prefabricar las piezas de tubería lo antes posible, empleando los talleres disponibles de Pemex.
- 3.1.10.5 Instalación de instrumentos. Estimamos que esta actividad tomara un año y medio.
- 3.1.10.6 Instalación de equipo eléctrico. Estimamos que esta actividad tomara un año y medio.
- 3.1.10.7 Instalación de aislamiento. Estimamos que esta actividad tomara dos años.
- 3.1.11 Pintura. Estimamos que esta actividad tomara dos años.
- 3.1.11.1 Construcción de obras afuera del límite baterías. Por lo gran cantidad de actividades, que van desde las facilidades necesarias para la construcción, y para el funcionamiento del refinaria, tomara dos años y medio.
- 3.1.11.2 Pruebas de equipo. Esta actividad, de acuerdo a la experiencia tomara un año.
- 3.1.12 Capacitación. Idem.
- 3.1.13 Puesta en marcha. De acuerdo a lo anteriormente explicado, se ve como una fecha realista el primer semestre de 2024, para el inicio de operaciones.

**Anexo 4: Dimensiones aproximadas de grandes recipientes de la Refinería de la Refinería de Dos Bocas Tabasco**

<b>Descripción</b>	<b>Longitud metros</b>	<b>Diámetro interno metros</b>	<b>Peso Toneladas</b>
Torres de destilación atmosférica	60	10	500
Torres de destilación al vacío	40	15	450
Reactor de HDS diésel	25	5.5	400
Columna Debutanizadora	35	2	73
Absorbedor Agotador Planta coquizadora	24	2/3	112
Tambores de planta coquizadora	35	9	400
Separador propano butano	19.2	2.2	33
Fraccionador de planta coquizadora	37	5.2	178

## **Anexo 5: Precios Unitarios de pilotos**

Subcontratista: IFC CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A. DE C.V

Destino de costo	05.03.-	PILAS	CONTRATO ORIGINAL:				ADDENDUM 1:			CONTRATO + ADDENDUM		
			Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%	Cantidad	P. Unitario	Importe	Cantidad	P. Unitario
15.-	05.03.06.0001	Suministro de concreto armado para pilas de 36 N/mm <sup>2</sup> , incluye formulación, suministro de hormigón y ensayos	m <sup>3</sup>	10,631.96	\$2,778.72	\$29,543,239.89	38.38%				10,631.96	\$2,778.72
16.-	05.03.06.0002	Suministro de acero de refuerzo fy= 420N/mm <sup>2</sup> , incluyendo el suministro la elaboración, los ensayos y todo lo necesario para su puesta en obra.	kg	1,063,195.98	\$19.24	\$20,455,890.66	26.56%				1,063,195.98	\$19.24
17.-	05.03.06.0003	Suplemento de control de temperaturas en sitio 23°C	Ud	9,134.26	\$50.00	\$456,713.00	0.59%				9,134.26	\$50.00
18.-	05.03.06.0004	Suplemento de control de temperaturas en sitio 27°C	Ud	1,497.69	\$45.00	\$67,386.05	0.09%				1,497.69	\$45.00
19.-	05.03.06.0005	Suministro y colocación de grava	Kg	442.87	\$1,485.00	\$657,861.95	0.85%				442.87	\$1,485.00
	05.03.07.-	DESCABEZADO DE PILOTE										
20.-	05.03.07.0001	Descabezado y saneo de pila de diametro Ø 600 mm, hasta la cota definida por el Cliente, con medios mecánicos o manuales incluyendo carga, retirada de productos a vertedero autorizado y canon de vertido.	ml	299.00	\$167.67	\$50,133.33	0.07%				299.00	\$167.67
21.-	05.03.07.0002	Descabezado y saneo de pila de diametro Ø 800 mm, hasta la cota definida por el Cliente, con medios mecánicos o manuales incluyendo carga, retirada de productos a vertedero autorizado y canon de vertido.	ml									
22.-	05.03.07.0003	Descabezado y saneo de pila de diametro Ø 1000 mm, hasta la cota definida por el Cliente, con medios mecánicos o manuales incluyendo carga, retirada de productos a vertedero autorizado y canon de vertido.	ml	138.00	\$466.29	\$64,348.02	0.08%				138.00	\$466.29
23.-	05.03.07.0004	Descabezado y saneo de pila de diametro Ø 1200 mm, hasta la cota definida por el Cliente, con medios mecánicos o manuales incluyendo carga, retirada de productos a vertedero autorizado y canon de vertido.	ml	221.00	\$671.46	\$148,392.66	0.19%				221.00	\$671.46
	05.05.08.-	ENSAYOS DE CONTROL SOBRE EL ELEMENTO CONSTRUIDO										
24.-	05.03.08.0001	Habilitado de acero de refuerzo fy=4200kg/cm <sup>2</sup> , acarreo de materiales al sitio de utilización, separadores, ganchos, traslapes, siletas, horquillas, anclajes. Incluye: mano de obra, herramienta y equipo.	ud	678.00	\$990.00	\$671,220.00	0.87%				678.00	\$990.00
25.-	05.03.08.0002	Colocación de acero de refuerzo fy=4200kg/cm <sup>2</sup> , en secciones rectas tramos cortos. Incluye: acarreo del material al sitio de su utilización, presentación ELEVACIÓN POR PARTE DEL CONTRATISTA, colocación, separadores (poyos), ganchos, traslapes, siletas y anclajes, andamios necesarios, mano de obra, herramienta, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ud	3.00	\$680,000.00	\$2,040,000.00	2.65%				3.00	\$680,000.00
	05.03.09.-	OPCIONALES										
26.-	05.03.09.0001	Hora de parada de equipo de ejecución de pilas in-situ y personal por causas unicamente imputables al Contratante.	H		\$8,000.00							\$8,000.00
27.-	05.03.09.0002	Jornada de parada de equipo de ejecución de pilas in-situ y personal por causas unicamente imputables al Contratante.	Jornada		\$160,000.00							\$160,000.00
	05.03.10.-	TRABAJOS EXTRAORDINARIOS										
28.-	05.03.10.0001	ABONO DESCUENTO COMERCIAL	ud					1.00	-\$200.00	-\$200.00	1.00	-\$200.00
29.-	05.03.10.0002	PA preparación de equipo de perforación e inyección en Parque de Marquarita. Incluye: carga, transporte, montaje y desmontaje final, así como desplazamiento de mano de obra especialista y equipos auxiliares para trabajar con el equipo en turnos de hasta 10 horas.	pa					1.00	\$110,000.00	\$110,000.00	1.00	\$110,000.00
30.-	05.03.10.0003	Traslado y emplazamiento de equipo de perforación e inyección, incluso personal especializado hasta la obra.	pa					1.00	\$440,000.00	\$440,000.00	1.00	\$440,000.00