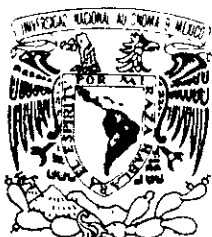


0057920



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**"ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE
PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA
REFORMULACION DE LAS GASOLINAS"**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE :

**MAESTRA EN INGENIERIA QUIMICA
(PROCESOS)**

P R E S E N T A :

Q.F.B. MARTHA ESTELA SORIANO AGUILAR

Director de tesis: Dr. Ricardo Rivero Rodriguez

26-2-98

MEXICO, D.F.

1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

FACULTAD DE QUIMICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**“ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE
PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA
REFORMULACION DE LAS GASOLINAS”**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE :

**MAESTRA EN INGENIERIA QUIMICA
(PROCESOS)**

P R E S E N T A :

Q.F.B. MARTHA ESTELA SORIANO AGUILAR

Director de tesis: Dr. Ricardo Rivero Rodriguez

MEXICO, D.F.

1998.

PROLOGO

El presente trabajo de tesis “Análisis Exérgico de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos y su influencia en la Reformulación de las Gasolinas”, fue realizado en el Instituto Mexicano del Petróleo bajo la dirección del Dr. Ricardo Rivero Rodriguez, Investigador Jefe del Grupo de Exergia de la Gerencia de Investigación Aplicada de Procesos del Instituto Mexicano del Petróleo, por el convenio UNAM-PEMEX-IMP.

La parte de simulación y análisis exérgico de este trabajo está enmarcado en el marco del proyecto E0A-7442 “Optimización Exérgica de un Esquema de Refinación”, que realiza el IMP para la Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Subdirección de Producción de PEMEX-REFINACION.

RESUMEN

Dos de las importantes preocupaciones de Petróleos Mexicanos en los últimos años son, el Ahorro de Energía y la Contaminación Ambiental producida por los productos derivados del petróleo, especialmente de la gasolina.

Para poder dar cumplimiento a los programas de Ahorro de Energía se están realizando estudios energéticos, en donde el Análisis de Exergía es una herramienta importante en la detección de los puntos críticos de una Unidad en donde se puedan implementar tecnologías para ahorrar energía.

Para dar cumplimiento a las regulaciones ambientales y, a las especificaciones que cada vez se hacen más rigurosas, se han implementado en el Sistema de Pemex Refinación paquetes ecológicos en donde la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos está contemplada como una de las Plantas que integran estos paquetes.

En el trabajo titulado "Análisis Exérgico de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos y su influencia en la Reformulación de las Gasolinas", se realizó un estudio exérgico con el objeto de detectar los puntos críticos de la Unidad para conocer la situación energética real de la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos de la Refinería Héctor Lara Sosa ubicada en la Refinería de Cadereyta, N. L., bajo el marco del proyecto E0A-7442 IMP-PEMEX.

Así mismo se realizó la evaluación del efecto del isómero (producto de la Unidad Isomerizadora) en la reformulación de las gasolinas Pemex-Magna y Pemex-Premium y, el análisis de exergía específica de las corrientes que intervienen en el Pool de Gasolinas.

La presente tesis está dividida en cinco capítulos:

- Capítulo 1. Generalidades. En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica de los conceptos básicos involucrados en el desarrollo del análisis exérgico, del proceso de Isomerización y de la Reformulación de Gasolinas.
- Capítulo 2. Análisis de Exergía de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos. En donde se presenta una descripción del Proceso de Isomerización y de la Unidad Isomerizadora, el balance de materia y energía del proceso, producto de la simulación por computadora con el simulador de procesos ASPEN PLUS y, el balance de exergía del proceso.

- Capítulo 3. Análisis del Pool de Gasolinas. En este capítulo se presenta una descripción de las corrientes que intervienen en el Pool y, el análisis del mezclado de gasolinas realizado mediante una simulación por computadora con el simulador de procesos ASPEN PLUS.
- Capítulo 4. Discusión de Resultados. En donde se presentan los resultados y discusión del análisis exérgico de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos y del análisis de exergia específica del Pool de Gasolinas.
- Capítulo 5. Conclusiones. En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas a partir de los resultados del análisis exérgico de la Unidad, de la influencia del isómero en la Reformulación de las Gasolinas Pemex-Magna y Pemex-Premium y, del análisis de exergia específica de las corrientes que intervienen en el Pool de Gasolinas.

Cabe mencionar que los objetivos de este trabajo de investigación se cumplieron en su totalidad, marcando la pauta para la complementación con un estudio económico del mismo.

CONTENIDO

PROLOGO	i
RESUMEN	ii
CONTENIDO	iv
LISTA DE DIAGRAMAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xii
NOMENCLATURA	xiv
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	5
GENERALIDADES	5
1. Antecedentes	6
1.1 Antecedentes Históricos	7
2. Objetivos	12
3. Conceptos Básicos	13
3.1 Primera Ley de la Termodinámica	13
3.2 Segunda Ley de la Termodinámica	13
3.3 Definición de exergia	13
3.4 Parámetros exérgicos para sistemas abiertos	17
3.4.1 Pérdidas de Exergia	17
3.4.1.1 Pérdidas Irreversibles	18
3.4.1.2 Pérdidas Efluentes	18
3.4.1.3 Pérdidas Totales de Exergia	18
3.4.2 Eficiencia Exérgica	18
3.4.3 Efectividad Exérgica	19

3.4.4	Potencial de Mejoramiento Exérgico	19
3.4.5	Diagrama de Exergía Específica	20
3.4.6	Diagrama de Grassmann	20
4.	Análisis Exérgico	21
4.1	Importancia del Análisis Exérgico	21
4.2	Metodología	21
5.	Isomerización	23
5.1	Importancia de la Isomerización	23
6.	Reformulación de Gasolinas	24
6.1	Importancia de la Reformulación de Gasolinas	24
6.2	Gasolinas	25
6.2.1	Características importantes de las gasolinas	25
6.2.2	Especificaciones	28
6.3	Pool de Gasolinas	28
6.3.1	Importancia del pool	28
6.3.2	Descripción de las corrientes que intervienen en el pool	30
6.3.3	Mezclado típico de una gasolina	32
	CAPITULO 2	33
	ANÁLISIS DE EXERGIA DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS	33
1.	Descripción del Proceso de Isomerización	34
2.	Descripción de la Unidad Isomerizadora	38
2.1	Equipos	38
2.1.1	Listado e identificación de equipos	38
2.1.2	Descripción equipos más importantes	40
2.1.3	Servicios auxiliares	44
2.2	Secciones	45

3. Balances de Materia y Entalpia del Proceso	48
3.1 Simulación de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	48
4. Balance de Exergia del Proceso	62
4.1 Balance de Exergia Global del Proceso	62
4.2 Balance por Secciones del Proceso	66
4.3 Balance por Equipos del Proceso	74
4.4 Cálculo de Parámetros Exérgicos	74
4.5 Diagrama de Exergia Específica	79
4.6 Diagrama de Grassmann	79
CAPITULO 3	83
ANÁLISIS DEL POOL DE GASOLINAS	83
1. Descripción del Pool de Gasolinas	84
2. Caracterización de las corrientes que intervienen en la reformulación de las gasolinas.	87
3. Análisis del Mezclado de Gasolinas	89
3.1 Simulación del Pool de Gasolinas	89
3.2 Cálculo de la Exergia Expecífica de las corrientes	93
3.3 Diagrama de Exergia Expecífica	93
CAPITULO 4	95
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
1. Análisis Exérgico de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	96
2. Análisis de Exergia Específica del Pool de Gasolinas	113

CAPITULO 5	114
CONCLUSIONES	115
EPILOGO	119
Referencias bibliográficas	120
Anexos	
1. Secuencia de Cálculo	124
2. Resultados de la simulación, balance de materia y entalpia.	135

LISTA DE DIAGRAMAS

Diag. 1	Esquema General de Refinación	4
Diag. 2	Diagrama de Flujo de Proceso de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	37
Diag. 3	DFP de la Unidad Isomerizadora (Refinería "Hector Lara Sosa", Cadereyta, N.L.)	123
Diag. 4	Diagrama de Bloques de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	61
Diag. 5	Diagrama de bloques de la Sección de Carga de Hidrocarburo	66
Diag. 6	Diagrama de bloques de la Sección de Carga y Secado de Hidrógeno	67
Diag. 7	Diagrama de bloques de la Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo	69
Diag. 8	Diagrama de bloques de la Sección de Reacción	70
Diag. 9	Diagrama de bloques de la Sección de Estabilización	71
Diag. 10	Diagrama de bloques de la Sección de Vaporización	72
Diag. 11	Diagrama de bloques de la Sección de Isómero Producto	73
Diag. 12	Exergia Específica Total de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	80
Diag. 13	Diagrama de Grassmann (Exergias Físicas) de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	81
Diag. 14	Diagrama de Grassmann (Exergias Totales) de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	82
Diag. 15	Pool de Gasolinas - PEMEX-MAGNA	85
Diag. 16	Pool de Gasolinas - PEMEX-PREMIUM	86
Diag. 17	Diagrama de Exergia Específica (MJe/kg) de las corrientes que intervienen en la preparación de las Gasolinas Reformuladas	94

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Cascada de Exergia de la Materia	16
Fig. 2	Representación de un bloque para el Análisis de Exergia	17
Fig. 3	Balance Global de Materia y Energía de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	59
Fig. 4A	Balance de Materia y Energía de la Sección de Carga de Hidrocarburo	59
Fig. 4B	Balance de Materia y Energía de la Sección de Carga y Secado de Hidrógeno	59
Fig. 4C	Balance de Materia y Energía de la Sección de Reacción	60
Fig. 4D	Balance de Materia y Energía de la Sección de Estabilización	60
Fig. 4E	Balance de Materia y Energía de la Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo	60
Fig. 4F	Balance de Materia y Energía de la Sección de Vaporización	60
Fig. 4G	Balance de Materia y Energía de la Sección de Isómero Producto	60
Fig. 5	Balance de Exergia Global del Proceso	63
Fig. 6	Corrientes de Entrada y Salida de la Sección de Carga de Hidrocarburo	67
Fig. 7	Corrientes de Entrada y Salida de la Sección de Carga y Secado de Hidrógeno	68
Fig. 8	Corrientes de Entrada y Salida de la Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo	69
Fig. 9	Corrientes de Entrada y Salida de la Sección de Reacción	70
Fig. 10	Corrientes de Entrada y Salida de la Sección de Estabilización	71
Fig. 11	Corrientes de Entrada y Salida de la Sección de Vaporización	72
Fig. 12	Corrientes de Entrada y Salida de la Sección de Isómero Producto	74

Fig. 13	Conformación del Pool de Gasolinas para la Simulación (blending)	89
Fig. 14	Porcentaje de PEX de los bloques (por equipo) de la Unidad	97
Fig. 15	Equipos con mayores pérdidas irreversibles, efluentes y potencial de mejoramiento	98
Fig. 16	Comparación de los Equipos con mayor Potencial de Mejoramiento, Pérdidas totales de exergia y Efectividad	99
Fig. 17	Porcentaje de Pérdidas Totales de Exergia por grupo de equipos de la Unidad	100
Fig. 18	Pérdidas totales del Grupo de Soloaire (aeroenfriadores)	100
Fig. 19	Porcentaje de Pérdidas Totales de Exergia del grupo de Reactor	101
Fig. 20	Pérdidas Totales del Grupo de Intercambio de Calor	101
Fig. 21	Irreversibilidad, Efluentes y Potencial de Mejoramiento por grupo de equipos de la Unidad	102
Fig. 22	Distribución de Pérdidas Efluentes de la Unidad Isomerizadora	103
Fig. 23	Porcentaje de Pérdidas Totales de Exergia por Secciones de la Unidad Isomerizadora	104
Fig. 24	Porcentaje de Pérdidas Totales de la Sección de Carga de Hidrocarburo	105
Fig. 25	Porcentaje de Pérdidas Totales de los equipos de la Sección de Reacción	105
Fig. 26	Porcentaje de Pérdidas Totales de la Sección de Isómero Producto	106
Fig. 27	Porcentaje de Pérdidas Totales de la Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo	107
Fig. 28	Efectividad (ϵ) de las Secciones de la Unidad Isomerizadora	108
Fig. 29	Eficiencia (η) de las Secciones de la Unidad Isomerizadora	109
Fig. 30	Pérdidas Irreversibles, Pérdidas Efluentes y Potencial de Mejoramiento de las Secciones de la Unidad Isomerizadora	110

Fig. 31	Pérdidas Irreversibles, Pérdidas Efluentes y Potencial de Mejoramiento de los equipos de la Sección de Carga de Hidrocarburo	110
Fig. 32	Pérdidas Irreversibles, Pérdidas Efluentes y Potencial de Mejoramiento de los equipos de la Sección de Reacción	111
Fig. 33	Distribución de Pérdidas Totales de Exergia de la Unidad	112
Fig. 34	Influencia del Isómero en la Gasolina Pemex-Magna	116
Fig. 35	Influencia del Isómero en la Gasolina Pemex-Premium	117
Fig. 36	Influencia del Isómero en la Calidad de las Gasolinas	118

LISTA DE TABLAS

Tab. 1	Especificaciones de las Gasolinas Pemex-Magna y Pemex-Premium	29
Tab. 2	Composición del Pool de Gasolinas	30
Tab. 3	Caracterización de las corrientes del Pool de Gasolinas	31
Tab. 4	Mezclado típico de una Gasolina	32
Tab. 5	Características principales del proceso	35
Tab. 6	Principales productos de la Isomerización de una corriente de C ₅ y C ₆	36
Tab. 7	Características de la Nafta ligera y del Hidrógeno	48
Tab. 8	Nafta ligera alimentada proveniente de la simulación de la Planta Hidrodesulfuradora de Naftas	49
Tab. 9	Características del Producto (Salida del Sistema de Reacción)	50
Tab. 10	Modelo de Simulación de los Equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	51
Tab. 11	Datos de las corrientes de la Unidad Isomerizadora	63
Tab. 12	Cálculo de Parámetros Exérgicos de la Unidad Isomerizadora	75
Tab. 13	Parámetros Exérgicos de las Secciones de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	77
Tab. 14	Parámetros Exérgicos de los Equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos	77
Tab. 15	Parámetros Exérgicos por Grupo de Equipos de la Unidad Isomerizadora	79
Tab. 16	Caracterización de las Corrientes que conforman el Pool de Gasolinas	87
Tab. 17	Especificaciones utilizadas en la simulación del Pool	90
Tab. 18 A1	Datos de la variación de las corrientes en porcentaje (%v) utilizados en la simulación del pool para la gasolina Pemex-Magna basados en la corrida 1.	90
Tab. 18 A2	Datos de la variación de las corrientes en porcentaje (%v) utilizados en la simulación del pool para la gasolina Pemex-Magna basados en la corrida 12	90

Tab. 18 B1	Datos de la variación de las corrientes en porcentaje (%v) utilizados en la simulación del pool para la gasolina Pemex-Premium basados en la corrida 22.	91
Tab. 18 B2	Datos de la variación de las corrientes en porcentaje (%v) utilizados en la simulación del pool para la gasolina Pemex-Premium basados en la corrida 30.	91
Tab. 19 A1	Resultados de la Simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 A1.	92
Tab. 19 A2	Resultados de la Simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 A2.	92
Tab. 19 B1	Resultados de la Simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 B1.	92
Tab. 19 B2	Resultados de la Simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 B2.	92
Tab. 20	Resultados de Exergia Específica (MJe/kg) de la Gasolina Producto	94

NOMENCLATURA

AA	Aire Atmosférico
AC	Aire Caliente
AE	Agua de Enfriamiento
AR	Agua de Retorno
An	Anergia (Energía que no es útil para producir trabajo)
CA	Condensado de alta
CB	Condensado de baja
CM	Condensado de media
COL	Columna
C ₄	Butanos
C ₅	Pentanos
C ₆	Hexanos
C ₇	Heptanos
DA	Columna
DC	Reactor
DFP	Diagrama de Flujo de Proceso
DON	Índice de Octano
DV	Divisor
E	Energía
EA	Intercambiador de calor
EC	Soloaire (aeroenfriadores)
Efl	Efluentes
Ex	Exergia (Energía útil para producir un trabajo)
Exc	Exergia concentracional
Excce	Exergia de la corriente caliente de entrada
Excsc	Exergia de la corriente caliente de salida
Excfe	Exergia de la corriente fría de entrada
Excfs	Exergia de la corriente fría de salida
Excpe	Exergia de la corriente de proceso de entrada
Excps	Exergia de la corriente de proceso de salida
Exf(ExF)	Exergia física
Exfe	Exergia física de entrada
Exfs	Exergia física de salida
Exh	Exergia de calor
Exi	Exergia inercial

Exm	Exergia de la materia
Exnts	Exergia neta suministrada
Exntp	Exergia neta producida
Exp	Exergia mecánica
Exq(ExQ)	Exergia química
Exqe	Exergia química de entrada
Exqs	Exergia química de salida
Exr	Exergia reaccional
Exs	Exergia sustancial
Ext	Exergia térmica
ExT	Exergia Total
Extte	Exergia total a la entrada
Extts	Exergia total a la salida
Exuts	Exergia útil a la salida
Exv	Exergia cinética
Exw	Exergia del trabajo
Exz	Exergia potencial
FA	Acumulador (Separador/Secador)
FM	Flujo Másico
GB	Compresor
H	Entalpia
Ho	Entalpia a las condiciones de referencia
H ₂	Hidrógeno
Irr	Irreversibilidades
ISO	Corrientes de la Unidad
Me	Metil
MJe	Mega Joules exérgicos
MTBE	Metil terbutil éter
MON	Número de octano del motor (Motor Octane Number)
MX	Mezclador
MW	Peso molecular
MWe	Mega Watts exérgicos
P	Presión
PEX	Pérdidas totales de exergia
POT	Potencial de Mejoramiento
PVR	Presión de Vapor Reid
RON	Número de octano a condiciones severas (Research Octane Number)
RYIELD	Reactor de Rendimiento
S	Entropia
So	Entropia a las condiciones de referencia

T	Temperatura
T _o	Temperatura a las condiciones de referencia
TAME	Eter Teramil Metílico
TEP	Tetraetilo de plomo
TIE	Temperatura inicial de ebullición
TFE	Temperatura final de ebullición
U	Energía Interna
V	Volumen
%V	Por ciento volumen
VA	Vapor de alta
VB	Vapor de baja
VM	Vapor de media
VX	Válvula
W	Trabajo
% W	Por ciento peso
X	Concentración
Z	Velocidad
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ϵ	Efectividad
η	Eficiencia
θ	Factor de Carnot
ΔS	Generación de Entropía
$\Delta H/\Delta S$	Temperatura termodinámica media

INTRODUCCION

La problemática de la contaminación ambiental y la creciente necesidad de mejorar la calidad del aire han tenido fuertes repercusiones en la industria química, la cual frecuentemente es la gran responsable del deterioro ecológico. Esto ha conducido a la implementación de diversos mecanismos para abatir la emisión de contaminantes dentro de los cuales el mejoramiento de los productos derivados del petróleo (en particular de la gasolina y el diesel) junto con la modificación de los motores y equipos de combustión tienen el mayor efecto.

El binomio energía-medio ambiente, es el problema actual en el mundo y su solución demanda de una acción coordinada entre la calidad de los combustibles y las tecnologías de los equipos en donde se emplean, a fin de obtener como resultado final menores emisiones al ambiente. Por este motivo, muchos de los procesos industriales existentes se encuentran en etapas de modificación continua, en busca de cumplir con las cada vez más exigentes normas ecológicas, pero manteniendo o mejorando la calidad del producto: *la gasolina*.

Para atender esta problemática, especialmente en la Zona Metropolitana del Valle de México, PEMEX inicia en 1986 un proceso de mejoramiento continuo de las gasolinas que se consumen en esta región del país, dando así paso a una nueva generación de gasolinas identificadas como: *gasolinas reformuladas*.

En Octubre de 1996, a solicitud de las autoridades ambientales, se establecen límites máximos más estrictos de los compuestos fotorreactivos y tóxicos presentes en la gasolina sin plomo PEMEX-MAGNA, así como la reducción significativa del contenido de azufre, acciones que sumadas se traducen en un mejor desempeño de los dispositivos anticontaminantes y en menores emisiones de compuestos precursores de la formación del ozono y tóxicos a la salud.

Dentro de este esfuerzo por ofrecer productos de mayor calidad PEMEX Refinación introdujo al mercado en diciembre de 1996 la nueva gasolina PEMEX-PREMIUM, para motores de alta compresión con 93 octanos, la citada gasolina es de alto rendimiento y proporciona mayor protección para la vida del motor.

La Industria de la Refinación Nacional, a lo largo de todo este tiempo, ha tenido que realizar importantes cambios a su estructura productiva para satisfacer la demanda de productos en el mercado y poder así atender las exigencias de los nuevos vehículos y de los dispositivos anticontaminantes y, con ello dar cumplimiento a una normatividad de emisiones cada día más estricta en nuestro país. Estas nuevas regulaciones están impactando fuertemente la industria

de refinación debido a la infraestructura requerida para satisfacer las especificaciones de los combustibles.

La introducción de las gasolinas reformuladas en las regiones en las que el cumplimiento de la calidad del aire es un requisito indispensable, ofrece una oportunidad para reducir el impacto de las emisiones provenientes de los vehículos y por tanto, de mantener las especificaciones requeridas en las gasolinas que se utilizan en los mismos.

En consideración a lo anterior, PEMEX-Refinación está dirigiendo sus esfuerzos tecnológicos para hacer frente a la tendencia hacia combustibles con características ecológicas y como parte de un paquete de proyectos ecológicos, se están modificando y/o incorporando plantas al sistema nacional de refinación (Ver diagrama 1).

Dentro de las plantas que se están incorporando se encuentran:

- **Reformación.** Esta unidad fue diseñada para aumentar el bajo octanaje de las naftas pesadas y obtener un producto con alto índice de octano (reformado), para el pool de gasolinas basándose en la formación de aromáticos.
- **Alquilación.** La gasolina de alquilación es el resultado de la reacción de isobutano con olefinas para producir hidrocarburos con cadenas ramificadas en el intervalo de ebullición de la gasolina.
- **Isomerización.** El objetivo de esta unidad es la de isomerizar mezclas de pentanos y hexanos (naftas ligeras) para obtener gasolinas con un alto índice de octano; también se puede manejar cargas de C₃ y C₄ para obtener productos que puedan servir como carga a otros procesos.
- **MTBE.** El proceso de elaboración de MTBE se lleva a cabo mediante la reacción de metanol con isobutileno para obtener un compuesto oxigenado con alto número de octano y una PVR de mezcla relativamente baja.
- **TAME.** El proceso TAME se lleva a cabo por la reacción de metanol con olefinas terciarias de 5 carbonos (isopentilenos), para obtener un éter con un alto octano y bajas PVR, lo cual lo hace un proceso viable de incorporarse al pool de gasolinas.

La disminución del impacto ambiental de la industria petrolera, al mismo tiempo que las políticas en materia del medio ambiente deben tomar en cuenta sus implicaciones energéticas; “la conexión Energía-Ecología es y será cada día más importante, por lo que los estudios que

consideran la calidad de la energía y sus implicaciones ecológicas (exergía) son fundamentales”⁽¹⁷⁾.

El tratar de mejorar la eficiencia energética en la industria petrolera contribuye a proteger el medio ambiente y, a un ahorro en la energía al tratar de reducir fugas de energía y hacer más rentables las instalaciones. “Existe un potencial significativo para incrementar la eficiencia energética (mucho más allá de las medidas obvias de ahorro) en todas las etapas de la industria petrolera, si se considera la calidad de la energía y no solo su cantidad en los programas de ahorro de energía y en los proyectos de eficientización”⁽¹⁷⁾.

El presente trabajo pretende aplicar los conceptos anteriores, utilizando la información disponible y, mediante un simulador de procesos por computadora realizar como primera parte, el análisis exérgico de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos de la Refinería de Cadereyta, N.L. Todo esto, dentro del marco del proyecto E0A-7442 IMP-PEMEX.

La segunda parte, conjunta las corrientes que son utilizadas en el pool de gasolinas, obtenidas producto de la simulación de las otras plantas del mismo proyecto y, mediante una simulación por computadora poder obtener una gasolina que cumpla con las especificaciones requeridas y analizar la influencia del isómero en el pool.

La isomerización de la nafta ligera ha sido extremadamente importante en los últimos años al brindar ayuda a las refinerías para cumplir con algunas de las especificaciones en el pool de gasolinas.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica de los trabajos relacionados con el Análisis Exérgico, el Proceso de Isomerización y la Reformulación de las Gasolinas.

1. ANTECEDENTES

Uno de los problemas técnico-científicos de los ingenieros y de los investigadores industriales ha sido aumentar el rendimiento energético de las industrias, en especial desde la crisis energética mundial se han buscado diversas soluciones a dicho problema.

“La innovación tecnológica más importante que se haya producido en los últimos años en el campo de la administración de la energía es lo que se conoce como Método de Exergia, que consiste en incrementar los flujos de información con objeto de contar con datos más abundantes y confiables en relación al uso de la energía que permitan administrar estos recursos de manera económica y eficiente”⁽¹⁸⁾.

El Análisis de Exergia es una aplicación sistemática de las dos leyes fundamentales de la Termodinámica que nos son de utilidad para la evaluación del funcionamiento de los procesos.

La Termodinámica es la ciencia que estudia la energía, sus transformaciones y sus características. Estas transformaciones están regidas por una serie de principios que se conocen como leyes de la termodinámica. La primera ley nos dice que la cantidad total de energía se conserva y puede ser transformada en diferentes formas de energía, es decir que la energía no puede ser creada ni destruida y que en todo proceso real su cantidad no se modifica. La segunda ley, nos dice que la energía se degrada necesariamente y que en todo proceso real su calidad disminuye.

El Análisis de Exergia es una herramienta excelente que permite considerar la calidad de la energía y determinar los puntos críticos en un sistema en los que puede obtenerse una mejora energética.

Por otra parte, una de las preocupaciones en el mundo es el mejoramiento de la calidad del aire, esto ha conducido a la implementación de diversos mecanismos para abatir la emisión de contaminantes provenientes tanto de fuentes fijas como de móviles, dentro de las cuales, el mejoramiento de la calidad de los combustibles junto con la modificación de los motores y equipos de combustión tienen un mayor efecto.

Como consecuencia de las regulaciones ambientales, la industria de refinación está realizando importantes cambios a su estructura productiva para poder así satisfacer la demanda de productos en el mercado.

Pemex-Refinación está dirigiendo sus esfuerzos tecnológicos para hacer frente a la tendencia hacia combustibles con características ecológicas y como parte de paquetes de proyectos ecológicos se han y se siguen construyendo plantas para diferentes procesos, entre las cuales se encuentran las Plantas de Isomerización de Pentanos y Hexanos en las diferentes refinerías del sistema de Pemex-Refinación. El producto isomerizado de esta planta, es un importante componente de las Gasolinas Reformuladas.

Una gasolina como la reformulada es el combustible que reúne los atributos de un energético limpio, para su producción se deben realizar importantes inversiones en la industria de la refinación del petróleo.

1.1 Antecedentes Históricos

En 1843 James Prescott Joule, un físico inglés, determinó en forma experimental lo que se conoce como el equivalente mecánico del calor, permitió establecer lo que actualmente se conoce como la primera ley de la termodinámica.

Antes de que se postulara la primera ley de la termodinámica, Nicolas Leonard Sadi Carnot en 1824 publicó un trabajo sobre la cantidad de trabajo máximo (exergide calor) que se puede obtener de una cantidad dada de calor que fluye entre dos sistemas a diferentes niveles de temperatura, que años después fue la base para que J. Willard Gibbs aplicara esa idea a sistemas con diferencias en concentración química.

En 1889, Gouy demuestra que las pérdidas de energía utilizable en un proceso están dadas por el producto de la temperatura del medio ambiente por la diferencia de entropía de todos los cuerpos participantes en el proceso, para un sistema cerrado. Stodola en 1898, desarrolló los mismos conceptos con mayor relevancia en el mundo de la Ingeniería en sistemas abiertos a régimen permanente.

En la década de los treinta, el crecimiento industrial y los avances tecnológicos marcan una nueva era en el desarrollo de la Segunda Ley en la que los trabajos de Bonsjakovic en 1939 contribuyeron a la formulación de nuevos criterios de funcionamiento y técnicas de evaluación en la termodinámica de los procesos. Este progreso se vio interrumpido por la Segunda Guerra Mundial y es hasta la década de los cincuenta cuando la tecnología retoma su avance en el área de la Ingeniería Química con una aplicación realizada por Rant en 1951, para un proceso de producción de carbonato de sodio. Después de unos años, Denbigh calculó la eficiencia de la Segunda Ley para el proceso de oxidación de amoníaco.

El primero en utilizar el término de “exergia” fue Rant, reemplazando una serie de términos tales como “disponibilidad”, “energía utilizable”, “capacidad de trabajo”, etc. Szargut formuló la teoría de sustancias de referencia para el cálculo de la “exergia” química.

En el curso de los últimos 30 años, la crisis energética ha promovido un interés hacia la aplicación del análisis de exergia de los procesos en el mundo, que ha dejado de ser una especialidad europea.

Por otro lado, Pemex Refinación ratifica su compromiso de ofrecer al mercado nacional combustibles de vanguardia internacional y más amigables con el medio ambiente y, a consecuencia de las regulaciones ambientales, la industria de refinación ha tenido que realizar importantes cambios a su estructura productiva para satisfacer la demanda de productos en el mercado. Estas nuevas regulaciones están impactando fuertemente la industria de refinación debido a las modificaciones requeridas para satisfacer las especificaciones de los combustibles.

En consideración a lo anterior, Pemex-Refinación está dirigiendo sus esfuerzos tecnológicos para hacer frente a la tendencia hacia combustibles con características ecológicas, dentro de los cuales se encuentran las gasolinas reformuladas de la cual forma parte la corriente de isómero y, por lo tanto la isomerización de la nafta ligera ha sido extremadamente importante en los últimos años al brindar ayuda a las refinerías para cumplir con las demandas de octano y otras especificaciones en el pool de gasolinas.

Desde 1958, fecha en que se instaló la primera unidad de isomerización PENEX en el mundo, la UOP ha liderado el licenciamiento de esta tecnología, más del 65% del total mundial instalado de Unidades Isomerizadoras de nafta ligera emplea esta tecnología.

El petróleo crudo es la materia prima de la industria de la refinación. De sus características fisicoquímicas se derivan las necesidades de infraestructura de proceso requeridas en las refinerías para lograr la producción y calidad de los productos derivados del petróleo (gasolinas, diesel, gas licuado, etc.).

La calidad de los productos derivados del petróleo (en particular de la gasolina y el diesel), han evolucionado en sus requerimientos en función del desarrollo tecnológico de los vehículos y, de la normatividad en materia de emisiones resultantes de la combustión de los energéticos en los motores.

En el caso particular de las gasolinas, su uso masivo da inicio en la época de los treinta con el desarrollo del automóvil. En esta época las exigencias de calidad de las gasolinas eran mínimas; básicamente, se producía un combustible por destilación del crudo que resultaba de

muy bajo octano (del orden de 57), medido en base al procedimiento del método de investigación (Research Octane Number, RON). En el caso de México, se le identificaba con el nombre de Gasolina.

En los años 40's la industria automotriz desarrolló motores de mayor relación de compresión, los cuales demandaban de una gasolina de mayor octanaje y, así nace en México el producto llamado Mexolina (RON aprox. 70).

Con el paso de las décadas y por los nuevos desarrollos tecnológicos en los motores, hubo necesidad de producir una gasolina de calidad. Para dar cumplimiento a los requerimientos se incorporaron nuevos procesos en la industria de refinación para producir naftas de alto octano. En atención a estas demandas, en nuestro país se comercializaban las siguientes gasolinas: Mexolina (70 Octanos RON), Super Mexolina (80 octanos RON), Gasolmex (90 octanos Ron) y la Pemex 100 (100 octanos RON).

En la década de los 70's, resultado del embargo petrolero en el Medio Oriente, se presenta a nivel mundial una crisis energética. Como respuesta a este evento, se diseñan automóviles con menor peso y tamaño pero con una mayor economía de combustible (expresada como kilómetros recorridos por litro de gasolina consumida o millas por galón). Como resultado de estos cambios en la industria automotriz, en nuestro país se eliminan los diferentes tipos de gasolinas comercializadas para dar paso a dos tipos de combustibles identificados como Nova y Extra (la primera de 81 octanos y la segunda de 92 octanos, ambos valores expresados en RON).

Desde la época de los 30's hasta los 70's, se obtenía el incremento de octano en las gasolinas a través de la incorporación de un aditivo antidetonante a base de plomo (tetraetilo de plomo TEP); los valores típicos de concentración del metal fluctuaban entre 3 y 4 gramos por galón de gasolina (0.8 a 1.0 gramos por litro). Resultado de evaluaciones sobre el impacto a la salud del plomo y de la búsqueda de reducir la contribución de las emisiones vehiculares a la contaminación atmosférica, en 1974 en Estados Unidos se inicia el proceso de eliminación del plomo, esto demandó el desarrollo de nuevos procesos en la industria de la refinación que permitiesen sustituir el incremento de octano logrado con el tetraetilo de plomo, por componentes obtenidos a través de la conversión de corrientes de bajo por alto octano.

En México, a partir de los años 80's se inicia el proceso de reducción del plomo en las gasolinas, siendo la primera etapa el Valle de México por el gran problema de la contaminación que se acentuaba en ese momento, continuando las acciones al resto del País. En esta época se comercializaban dos tipos de productos la Nova Plus y la Extra Plus (la primera de 81 octanos y la segunda de 92 octanos, ambos expresados como RON).

En el período 1980 a 1990 se siguieron tomando acciones para mejorar la calidad de las gasolinas y dar así cumplimiento a las exigencias en las nuevas tecnologías de los motores y de la contaminación. La gasolina con plomo (Nova Plus) redujo su especificación máxima de contenido de plomo en el Valle de México, de tal forma que al final de ésta época, la disminución representaba más del 90%. Adicionalmente se incorporó a la formulación de la gasolina, compuestos oxigenados y, se sustituyó el aditivo detergente por uno del tipo detergente dispersante con el fin de mejorar el proceso de combustión y prevenir y controlar la formación de depósitos; acciones que sumadas se traducen en menores emisiones producidas por kilómetro recorrido de los autos. Así nace una nueva generación de gasolinas, las *gasolinas reformuladas*.

La primera Gasolina reformulada comercializada en los Estados Unidos, se ofertó en el mercado de California en 1989 por la empresa ARCO y se identificaba como la EC-1 (Emission Control No. 1). Este producto tenía como una de sus características importantes no incorporar en su formulación el antidetonante a base de plomo, e incluía la adición de un compuesto oxigenado, el Metil Terbutil Éter (MTBE), este último usado para sustituir la reducción de octano provocada por la eliminación del plomo.

Petróleos Mexicanos y actualmente Pemex Refinación desde 1986 a la fecha, ha participado activa y de manera permanente con las Autoridades Ambientales locales y federales (Comisión Ambiental Metropolitana CAM, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca SEMARNAP y el Instituto Nacional de Ecología INE), en las actividades relacionadas con el mejoramiento de la calidad de los combustibles tanto de servicio automotriz (gasolina y diesel) como Industrial (Gasóleo Industrial y Diesel Industrial) que se consumen en la ZMVM.

Como resultado de estas acciones, a partir de 1990 se introdujo al mercado del Valle de México la gasolina *Magna Sin*, en 1992 se establecieron en esta gasolina sin plomo valores máximos de compuestos fotorreactivos (denominados así por ser precursores de la formación del ozono) y tóxicos a la salud (como es el caso del benceno). En octubre de 1996, se introduce la gasolina *Pemex-Magna*, este nuevo producto presenta nuevos límites en su formulación en lo relativo a compuestos fotorreactivos y tóxicos, así se fijó un valor de 25% de aromáticos, 10% de olefinas y 1% de benceno (todos expresados en volumen), un intervalo de 1 a 2 % en peso de oxígeno, un límite máximo de contenido de azufre en peso de 0.02% y un intervalo menor en su presión de vapor (PVR) de 6.5 a 7.8 libras por pulgada cuadrada (psi).

En diciembre de 1996, se introduce la gasolina *Pemex-Premium* con características similares a la Pemex Magna difiriendo en el octano que para esta gasolina se le da de 92, y en 1997 para

mejorar la calidad de la gasolina en la ZMVM se da una nueva especificación en cuanto a índice de octano se refiere y pasa a 93 octanos.

En suma, las nuevas gasolinas sin plomo (Pemex Magna y Premium) comercializadas en el Valle Metropolitano son productos de calidad equivalentes a los comercializados en el Estado de California en los Estados Unidos, a excepción de su contenido de azufre, situación que coloca a nuestro país como el segundo en el mundo con combustibles de este nivel de cumplimiento ambiental.

2. OBJETIVOS

- Realizar un Análisis de Exergia en la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos de la Refinería de Cadereyta como parte del proyecto EOA-7442 IMP-PEMEX, con objeto de mostrar la situación energética real de la unidad e identificar los puntos críticos dentro de la misma.
- Integrar los datos de las corrientes que intervienen en el Pool de Gasolinas para poder analizar la influencia del isómero en la gasolina final por medio de una simulación en ASPEN.

3. CONCEPTOS BASICOS

3.1 Primera Ley de la Termodinámica.

Ley de la conservación de la energía.

“La energía no puede ser creada ni destruida y en todo proceso real su cantidad permanece constante”.

Existe una propiedad Extensiva llamada energía interna, tal que el cambio en su valor para un sistema cerrado y sin movimiento, está dado por la diferencia entre el calor suministrado al sistema y el trabajo hecho por el sistema durante cualquier cambio de estado.

$$dU = dQ - dW$$

3.2 Segunda Ley de la Termodinámica.

Ley de la degradación de la energía.

“La energía se degrada y en todo proceso real su calidad disminuye”.

Existe una propiedad Extensiva de un sistema llamada exergía, tal que en todo proceso real, su valor disminuye.

$$E = E_x + A_n$$

Existe una propiedad Extensiva llamada entropía, tal que en todo proceso real tiende a un máximo.

$$\Delta E_x = T_o \Delta S \uparrow$$

3.3 Definición de Exergía.

La exergía es una propiedad termodinámica y su valor es igual al trabajo máximo que puede obtenerse de un sistema como resultado de sus condiciones de temperatura, presión, composición, posición, velocidad, etc., con respecto a un sistema de referencia especificado.

La exergía de un sistema se define como la energía útil del sistema cuya temperatura, presión, posición, velocidad o composición al diferir de la del medio ambiente sea capaz de producir un cambio.

Para la realización del análisis exérgico se aplica la segunda ley de la termodinámica utilizando un enfoque exérgico, esto implica que se pueden tomar en cuenta cuestiones económicas y ecológicas que es en realidad lo que nos lleva a la realización de este análisis después de la localización de los puntos críticos en el sistema.

El valor mínimo de la exergía total es cero cuando el sistema alcanza las condiciones del medio ambiente.

Ecuación general:

$$Ex \equiv (H - H_0) - T_0 (S - S_0)$$

Actualmente, el análisis de exergía es aplicado a cualquier sistema industrial para la detección de los puntos críticos en donde se pueda ahorrar la energía.

La exergía, tiene formas múltiples de manifestarse y, éstas se distinguen en el sistema al realizar el análisis dependiendo de el objetivo. A continuación se nombran las diferentes formas de exergía:

- *Exergía del trabajo:* $Ex_w = W$
- *Exergía del calor*, la cual involucra términos entrópicos y, sobre la cual está basada el método de pinch

$$Ex_h = Q\theta = Q(1 - (T_0/T)), \quad \theta = 1 - (T_0/T) \equiv \Delta H/\Delta S$$

- *Exergía de la materia* que es la suma de dos contribuciones:

$$Ex_m = Ex_i + Ex_s$$

- La *exergía inercial* Ex_i es asociada con la cantidad de materia independientemente del tipo de materia

$$Ex_i = Ex_v + Ex_z$$

- La *exergia cinética* Ex_v , resultante de la velocidad.

$$Ex_v = \int_{v_0}^v r \, dv = \frac{1}{2}(v^2 - v_0^2)$$

- La *exergia potencial* Ex_z , resultante de la posición de la materia con respecto al campo gravitacional de la tierra.

$$Ex_z = \int_{z_0}^{z_c} g \, dz = g(z - z_0)$$

- La *exergia sustancial* Ex_s que depende del tipo de materia (de la composición y las condiciones de temperatura y presión)

$$Ex_s = Ex_f + Ex_q$$

- La *exergia física* Ex_f , resultante del alejamiento en temperatura (*exergia térmica* Ex_t) y presión (*exergia mecánica* Ex_p) con respecto al estado de referencia.

$$Ex_f = |(H - H_0) - T_0(S - S_0)|_{x,z,v}$$

- La *exergia química* Ex_q , por el alejamiento en composición respecto al estado de referencia. Que resulta de las reacciones químicas necesarias para producir a partir de la composición de la sustancia, aquellas sustancias que existen como componentes estables del estado muerto, tales como componentes de la atmósfera, del océano y de la corteza terrestre (*exergia reaccional*, Ex_r); y la que resulta de los componentes obtenidos del estado muerto con su concentración real en el estado muerto (*exergia concentracional*, Ex_c).

$$Ex_q = |(H - H_0) - T_0(S - S_0)|_{P,T,x,v}$$

La *Exergia de la Materia* es entonces, la suma de todas estas contribuciones.

$$Ex_m = Ex_g + Ex_v + Ex_t + Ex_p + Ex_r + Ex_c$$

“La figura 1 nos muestra los diferentes términos que componen a la exergia de la materia y las condiciones a partir de las cuales son calculados para tres condiciones prácticas del estado muerto”⁽¹⁹⁾.

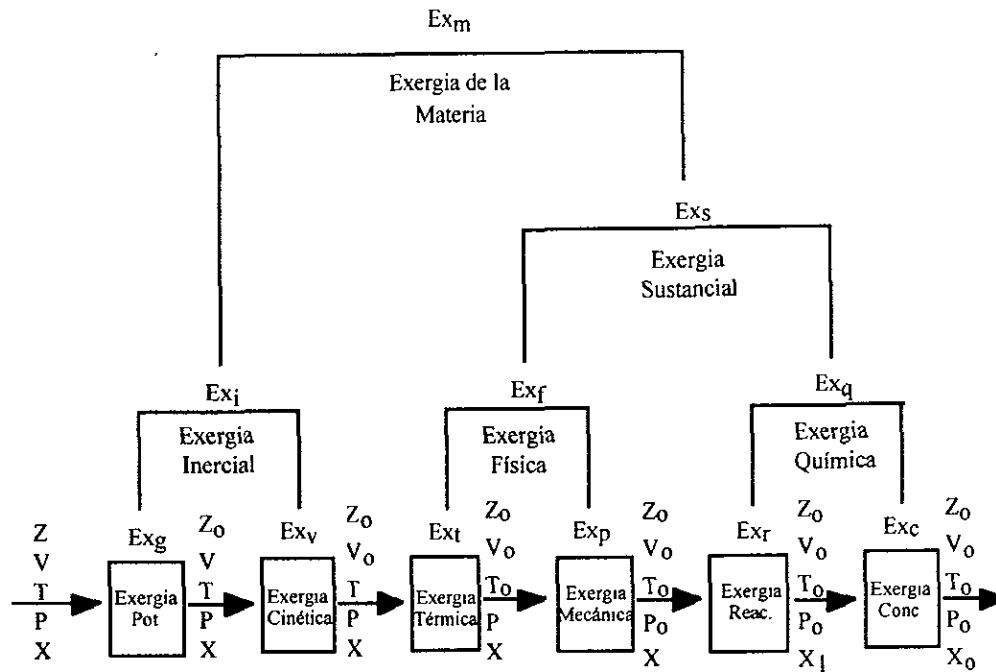


Fig. 1 Cascada de Exergía de la Materia

Se debe tener en cuenta que la exergía química se calcula únicamente cuando se trata de analizar procesos con reacciones químicas y que necesita un modelo de sustancias de referencia (el modelo más riguroso es el de Szargut).

Otro término exérgico fundamental en el análisis de procesos con cambios de composición pero sin reacción química, es la *exergía composicional* (Ex_x) que debe calcularse de manera explícita si se desea obtener una medida de la efectividad de un proceso de separación. Este término es calculado normalmente de manera implícita en la determinación de la exergía física de una mezcla y, por consiguiente es la variación de exergía física entre un estado mezclado y un estado separado, la que debe calcularse.

Exergía Composicional (mezcla binaria):

$$Ex_x = \Delta H_x - T_0 \Delta S_x$$

$$\Delta S_x = R (x \ln x + (1 - x) \ln(1 - x))$$

3.4 Parámetros Exérgicos

La realización del análisis de exergía a un sistema (que puede ser un proceso, la sección de un proceso, un equipo o una parte de él) se lleva a cabo mediante el Método de Bloques, en donde el sistema es aislado en un bloque (caja negra) que puede interactuar con sus alrededores de tres maneras que son: transferencia de calor, transferencia de trabajo y transferencia de masa.

La aplicación del Método de Bloques (representado en la fig. 2) en un análisis de exergía nos permite establecer las bases para la determinación de los puntos críticos de un sistema, evaluando, para cada bloque, los parámetros de funcionamiento pertinentes los cuales se describen a continuación.

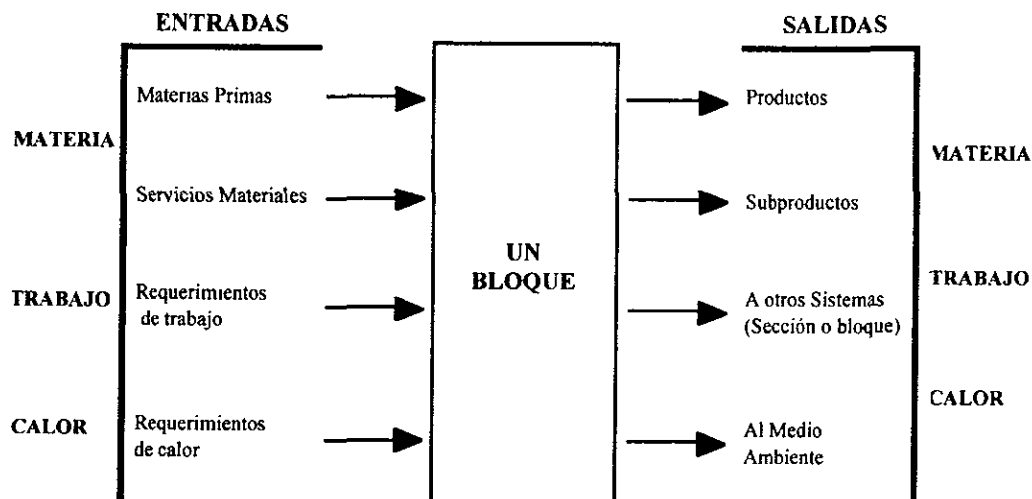


Fig. 2 Representación de un bloque para el análisis de exergía⁽¹⁹⁾.

3.4.1 Pérdidas de Exergía

A partir de los valores de exergía de todas y cada una de las corrientes que integran el diagrama de bloques de la unidad analizada, se procede a evaluar las pérdidas de exergía para cada bloque, cada grupo de equipos, para las diferentes secciones en que se divide la unidad y, el proceso global.

3.4.1.1 Pérdidas Irreversibles de Exergia

Las pérdidas Irreversibles de Exergia (**Irr**), se producen debido a la irreversibilidad de los procesos que generan la producción entrópica de los mismos y, es la diferencia entre la exergia total que se le suministra al sistema (bloque) y la exergia total que sale, dicho de otra manera es la exergia que se pierde debido al proceso de transferencia de masa o de calor. Estas pérdidas pueden calcularse utilizando el teorema de Gouy Stodola:

$$\mathbf{Irr} = \Sigma \mathbf{Ex}_{\text{entrada}} - \Sigma \mathbf{Ex}_{\text{salida}} = \mathbf{Extte} - \mathbf{Extts} = \mathbf{T_o\Delta S}$$

Las pérdidas irreversibles de exergia, son la base del análisis exérgico y, pueden expresarse también considerando al sistema como un par (fuente-depósito, donador-receptor), obteniéndolas a partir de la diferencia entre la exergia neta suministrada (por la fuente o donador) y la exergia neta producida (hacia el depósito o receptor):

$$\mathbf{Irr} = \Sigma \Delta \mathbf{Ex}_{\text{fuentes}} - \Sigma \Delta \mathbf{Ex}_{\text{depósitos}} = \mathbf{Exnts} - \mathbf{Exntp} = \mathbf{T_o\Delta S}$$

Las pérdidas irreversibles de exergia dependen fundamentalmente de la temperatura del medio ambiente, la selección del estado de referencia no tiene influencia en su determinación dado que los términos del estado muerto están incluidos en el balance.

3.4.1.2 Pérdidas Efluentes de Exergia

Las Pérdidas Efluentes de Exergia (**Efl**) es la exergia que no es aprovechada en el bloque y es arrojada al medio ambiente. Depende del modelo escogido para el estado muerto.

$$\mathbf{Efl} = \Sigma \mathbf{Ex}_{\text{Arrojadas al medio ambiente}}$$

3.4.1.3 Pérdidas Totales de Exergia

Las Pérdidas Totales de Exergia (**Pex**) es la suma de las pérdidas irreversibles de exergia más las pérdidas efluentes de exergia del bloque analizado.

$$\mathbf{Pex} = \mathbf{Irr} + \mathbf{Efl}$$

3.4.2 Eficiencia Exérgica

Parámetro cualitativo que determina el aprovechamiento de la exergia total introducida al bloque con respecto a la exergia total de salida.

$$\eta = (\sum \text{Extts}) / (\sum \text{Extte})$$

$$\eta = 1 - (\text{Irr} / (\sum \text{Extte}))$$

3.4.3 Efectividad Exérgica

La efectividad (ϵ) se define como la relación entre la ganancia de exergia obtenida en el proceso con respecto a la exergia suministrada para tal efecto, y proporciona una medida del aprovechamiento de la exergia y de que tan bien efectúa el sistema su función.

Es un parámetro cualitativo para determinar la efectividad del bloque para producir trabajo y, se calcula mediante la relación del incremento de exergia que obtienen determinadas corrientes dentro de un equipo, bloque o sección, entre la disminución de exergia que experimentan las corrientes que suministran la energía necesaria para que el equipo o sección opere; esto es, la ganancia obtenida de exergia entre, la exergia suministrada para el efecto.

$$\epsilon = (\text{Exntp}) / (\text{Exnts})$$

$$\epsilon = 1 - (\text{Irr} / (\text{Exnts}))$$

3.4.4 Potencial de Mejoramiento Exérgico

El Potencial de Mejoramiento (**Pot**), se le ha denominado parámetro combinado porque ayuda a determinar el funcionamiento cuantitativo (pérdidas de exergia-irreversibilidades y efluentes-) y cualitativo (efectividad), de un sistema (bloque).

$$\text{Pot} = \text{Irr} (1 - \epsilon) + \text{Efl}$$

El potencial de mejoramiento de un sistema indica como se podría mejorar éste, analizando su formulación que nos combina las pérdidas irreversibles, efluentes y efectividad del mismo; atacando los bloques con mayor potencial de mejoramiento que serían los puntos críticos del sistema.

Cuando se analiza el potencial de mejoramiento para un proceso industrial, si en un bloque las pérdidas irreversibles de exergia son considerables, un incremento en la efectividad del sistema por muy pequeño que éste sea podría producir enormes ventajas; en el caso de que tanto la efectividad como las pérdidas de exergia sean muy pequeñas, la reducción de las mismas no influiría en el consumo global de exergia del sistema.

Por otro lado, para la realización del análisis exergoeconómico de un sistema, el potencial de mejoramiento es la mejor herramienta del concepto de exergia como medida de la calidad de la energía y, del alejamiento del sistema con respecto al medio ambiente.

3.4.7 Diagrama de Exergia Específica

Este diagrama es útil en un análisis exérgico para poder observar de manera rápida las variaciones de exergia específica en el sistema.

3.4.8 Diagrama de Grassmann

Es una representación gráfica de la distribución de flujos de exergia en función del grosor de la línea que representa dichos flujos, que ayuda a visualizar de una manera rápida y eficaz los resultados.

4. ANALISIS EXERGICO

El Análisis de Exergia es una técnica para evaluar el funcionamiento de procesos, sistemas y equipos industriales basado en la aplicación simultánea de las dos leyes fundamentales de la Termodinámica.

4.1 Importancia del Análisis Exérgico

El Análisis de exergia ayuda a detectar la situación energética real de un sistema, por medio de un estudio energético en donde se considera no solo la cantidad sino la calidad de la energía.

La realización del análisis de exergia es de utilidad porque podemos detectar la localización y magnitud de las pérdidas de exergia y las pérdidas por el desalojo de corrientes al medio ambiente (efl) que se producen al operar un proceso. Al aplicar el análisis de exergia, se pueden detectar las ineficiencias del proceso es decir, los puntos críticos que se podrían mejorar con la integración de nuevas tecnologías al proceso en donde esté implícito el *ahorro de energía*.

Cuando un proceso tiene efluentes consecuentemente tiene repercusiones sobre sus alrededores, su análisis exérgico permite evaluar los efectos (térmicos, mecánicos y químicos) que se podrían producir si los efluentes son arrojados al medio ambiente.

En la actualidad el mundo industrial para su buen funcionamiento pone toda su atención en cuatro palabras: *energía, calidad, economía y ecología*, la aplicación de un análisis exérgico, tomando en cuenta el mercado y la normatividad llevará al sistema industrial a la optimización integral de sus unidades y con estas consideraciones, podrá ser aplicado a cualquier sistema.

4.2 Metodología

La metodología general para la aplicación del Método de Exergia involucra las siguientes etapas:

1. Balance de materia y energía del proceso.
2. Elaboración del diagrama de bloques del proceso.

3. *Balance de exergia del proceso.

4. *Determinación de parámetros exérgicos de cada bloque considerado, sección y de el proceso.

- Pérdidas irreversibles, efluentes y totales de exergia
- Eficiencia exérgica
- Efectividad exérgica
- Potencial de Mejoramiento

A partir de la información generada al aplicar esta metodología, se establecen los puntos críticos del sistema, en los que es necesario realizar acciones que reduzcan las pérdidas totales y aumenten la efectividad global del sistema, con objeto de optimar el uso de la energía.

* Ver Anexo 1, Secuencia de Cálculo.

5. ISOMERIZACION

La Isomerización se realiza de acuerdo al proceso PENEX de tecnología UOP. Este proceso está diseñado para llevar a cabo la Isomerización catalítica continua de pentanos, hexanos y mezclas de éstos. Las reacciones se realizan en una atmósfera de hidrógeno, sobre una cama fija de catalizador y en condiciones de operación que promueven la Isomerización y minimizan la hidrodeseintegración.

5.1 Importancia de la Isomerización

La isomerización de parafinas se utiliza industrialmente para aumentar el índice de octano de la nafta ligera y cumplir con las demandas de octano en el pool de gasolinas. Ver diagrama 1 (Esquema general de Refinación).

Como consecuencia de las regulaciones ambientales, la Industria de la Refinación ha tenido que realizar importantes cambios a su estructura productiva para satisfacer la demanda de productos en el mercado. Estas nuevas regulaciones están impactando fuertemente a ésta industria debido a las modificaciones requeridas para satisfacer las especificaciones de los combustibles.

Por la tendencia de Pemex-Refinación a hacer frente a la demanda de combustibles con características ecológicas y cumplir así con las demandas de octano en el pool de gasolinas han aumentado las plantas cuyas corrientes forman parte de las gasolinas reformuladas entre las que se encuentran las unidades isomerizadoras.

Con el proceso de isomerización es posible incrementar el número de octano (RON y MON) del pool de gasolinas en cerca de 3 a 5 el número de octano.

Este proceso ha adquirido gran importancia debido al compromiso actual que existe para mejorar la calidad de la gasolina.

6. REFORMULACION DE GASOLINAS

La búsqueda de alternativas para mejorar la calidad del aire en las áreas densamente pobladas, es la principal preocupación de los países del planeta.

La preocupación por mejorar la calidad del aire ha conducido a la implementación de diversos mecanismos para abatir la emisión de contaminantes provenientes tanto de fuentes fijas como de fuentes móviles, dentro de las cuales, el mejoramiento de la calidad de los combustibles junto con la modificación de los motores y equipos de combustión tienen mayor efecto.

6.1 Importancia de la Reformulación de Gasolinas

El incremento de los niveles de ozono y de compuestos tóxicos a la salud, demanda de acciones para reducir su impacto sobre la población dentro de un marco de costo efectividad, donde sin duda una alternativa son las Gasolinas Reformuladas.

La reformulación consiste en elaborar una gasolina con menor contenido de compuestos tóxicos o cancerígenos, con una menor volatilidad y con una mejor combustión, para que emita menos contaminantes y en su manejo haya menor evaporación. Mediante la reformulación se trata de controlar las emisiones contaminantes, en particular las emisiones de hidrocarburos que son precursores en la formación de ozono.

La reformulación de gasolinas se hace para optimar las ventajas que ofrecen mejoras en la tecnología de los vehículos. Las gasolinas también se reformulan para ajustarse a las variaciones de las estaciones del año. Las reformulaciones por sí mismas no son capaces de contrarrestar o sustituir un mal mantenimiento de los vehículos, ni compensar tecnologías automotrices obsoletas.

A corto y mediano plazo, para el abatimiento de contaminantes se mejorará la calidad total de la gasolina, para lo cual se requiere de la incorporación y/o modificación de plantas al sistema nacional de refinación. La formulación adecuada de gasolinas es necesaria no solo por calidad e impacto ambiental sino, por economía de la misma refinería y el control eficiente de los procesos.

Sin duda, una gasolina como la reformulada es el combustible que reúne los atributos de un energético limpio, pero su producción lleva a la necesidad de realizar importantes

inversiones en la industria de refinación del petróleo

Las nuevas regulaciones seguirán teniendo el mayor impacto en la industria de refinación, ya que la mayoría tendrán que efectuar cambios importantes para cumplir con las especificaciones. Se contemplan cambios a los procesos de reformación y craqueo catalítico, además de incluir nuevas unidades de alquilación e isomerización y productoras de oxigenados.

6.2 Gasolinas

Actualmente se comercializan en el país las gasolinas sin plomo Pemex-Magna y Pemex-Premium. A estas gasolinas se les controlan ciertos parámetros que tienen influencia para el buen funcionamiento de los vehículos o sistemas donde se utilizan y, además se regulan mediante ciertas especificaciones.

6.2.1 Características importantes en las gasolinas

Estas características las podemos dividir según como se ven afectadas y/o como afectan al medio ambiente.

Características de manejo y almacenamiento.

Entre las principales podemos citar:

- la *volatilidad* (que incluye la curva de destilación y la presión de vapor Reid, PVR), ésta determina el tipo de dispositivos que deberán instalarse en los tanques de almacenamiento, para la reducción de pérdidas por evaporación y las emisión de compuestos orgánicos volátiles (volatile organic compounds, VOC's), considerados precursores de la formación de ozono en las áreas urbanas.
- las *gomas preformadas* y el *período de inducción* determinan el tiempo máximo de almacenamiento del combustible con que este se oxide, generando la formación de depósitos que pueden en su momento impedir el bombeo del producto de las refinerías a las terminales de éstas y a las Estaciones de Servicio.
- la tendencia a la *formación de herrumbre*, establece el efecto corrosivo de la gasolina.

Características de desempeño en los vehículos

Dentro de este grupo se encuentran las que tienen un impacto importante en el correcto funcionamiento de los motores y los dispositivos anticontaminantes. Entre otras se pueden citar:

- El *número de octano*, que es la capacidad de una gasolina para no quemarse espontáneamente, es decir, para no sufrir autoignición en un motor de combustión interna y no producir cascabeleo (golpeteo en el motor).

Existen dos maneras de determinar el número de octano de una gasolina:

- La primera conocida por las siglas RON (Research Octane Number), es una prueba que determina el desempeño de la gasolina en el motor bajo condiciones de operación moderadas y sin carga pesada (tal es el caso del comportamiento en la ciudad).
- La segunda, cuyas siglas de identificación son MON (Motor Octane Number), es una prueba que simula la operación de un motor en condiciones severas, altas velocidades y cargas elevadas (como es el caso del comportamiento en la carretera).

A fin de poder establecer el desempeño de la gasolina en los vehículos bajo cualquier condición de operación, en el ámbito internacional se emplea un parámetro que se denomina Índice de Octano (Antinock Index, AKI), el cual se obtiene como la mitad de la suma de RON más el MON (su identificación internacional es $(R+M)/2$; en Pemex Refinación se le denomina DON).

- La *corrosión a la lámina de cobre* determina la característica del combustible al ataque de los materiales que contienen cobre.
- Las *gomas preformadas* determinan la tendencia del combustible a la formación de depósitos de carbón en los motores, situación que se traduce en una operación deficiente y por tanto en un incremento en el consumo de combustible y en una mayor generación de emisiones contaminantes.
- La *volatilidad* está determinada por tres parámetros: la curva de destilación, la presión de vapor REID (conocida en la industria petrolera por las siglas PVR o en inglés como RVP) y la relación vapor/líquido (identificada como V/L).

Estos parámetros garantizan el comportamiento de la gasolina en los vehículos bajo cualquier condición climatológica esto es, un arranque eficiente del motor tanto en climas fríos como en calientes. La volatilidad de una gasolina debe ser tal que permita que ésta se vaporice adecuadamente en la cámara de combustión a fin de lograr un mezclado efectivo de la mezcla aire-combustible, de tal forma que se obtenga el máximo aprovechamiento del combustible en el motor.

- Los *aditivos multifuncionales* del tipo detergente dispersante son trajes a la medida de las gasolinas. Cada paquete de estos productos se conforma sobre la base de las características particulares del energético, con el fin de prevenir, controlar y evitar la formación de depósitos en el motor, situación que se traduce en un incremento del consumo de combustibles y en una mayor generación de emisiones contaminantes.

Características de protección al medio ambiente.

Entre éstas se pueden mencionar:

- El *contenido de azufre*, se controla para reducir las emisiones de bióxido de azufre en el tubo de escape de los automóviles; situación que deteriora la calidad del aire y, a su vez es una de las fuentes principales del fenómeno de la lluvia ácida; y por el impacto que tienen sobre los convertidores catalíticos, resultado de la combustión de la gasolina en los motores.
- Los *aromáticos*, se controlan porque promueven la formación de depósitos en el motor, situación que se traduce en la generación de emisiones de hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno.
- las *olefinas*, son hidrocarburos que presentan en la atmósfera una alta capacidad para la formación de ozono, razón por la cual su control es necesario en aquellas regiones donde existen problemas de deterioro de la calidad del aire por la presencia de este contaminante.
- El *benceno* se controla por ser un compuesto precursor del cáncer en los seres humanos.
- El *plomo* es un metal que se utiliza ya en menor cantidad para incrementar el octano. Es un contaminante atmosférico que tiene efectos sobre el sistema nervioso de los seres humanos y en forma muy determinante en los niños al respirar el aire contaminado con partículas de plomo. Es un elemento que deteriora permanentemente los convertidores catalíticos, invalidando los beneficios ambientales de este tipo de dispositivos.

- La *volatilidad* de las gasolinas tiene un control específico en las regiones donde existen altas concentraciones de ozono en la atmósfera, porque combustibles muy volátiles emiten elevadas cantidades de compuestos orgánicos volátiles (COV's), que reaccionan en la atmósfera produciendo ozono.
- Los *aditivos multifuncionales*.

6.2.2 Especificaciones

Las especificaciones de las gasolinas sufren variaciones de acuerdo con las regulaciones ambientales. Si la normativa establece que deben existir reducciones en las emisiones, esto se traduce en cambios en la especificación de las gasolinas, los cuales están asociados a ajustes en las tecnologías o esquemas de proceso.

En la tabla 1 se presentan las especificaciones vigentes de las gasolinas Pemex-Magna y Pemex-Premium. Estas gasolinas para poder salir al mercado, deben de cumplir con las especificaciones mencionadas en la tabla 1. Los análisis se llevan a cabo en los laboratorios de las refinerías que la formulan bajo la supervisión del jefe del mismo y, del jefe de bombes de la refinería; además, de un interventor de la compañía que compra el producto.

6.3 Pool de Gasolinas

El Pool de Gasolinas es la parte de la refinería donde se mezclan las diferentes corrientes que se necesitan para preparar la gasolina, ya sea Pemex Magna o Pemex Premium. Ver diagrama 1 (Esquema general de Refinación).

6.3.1 Importancia del Pool de Gasolinas

Para la Preparación de la gasolina se tiene que tener un recipiente donde lleguen todas las corrientes de las diferentes plantas de una refinería, éste es el llamado Pool de Gasolinas. Es donde se mezclan dichas corrientes, de aquí nació el llamado mezclado (blending), dicho blending o mezclado estratégico de corrientes para conformar el pool de gasolinas ha adquirido más importancia recientemente, debido a que las especificaciones de las gasolinas son cada vez más exigentes.

Para poder realizar un mezclado (blending) se tiene que tener el análisis de todas las corrientes que van a intervenir para así poder regular los volúmenes en función de especificaciones. De

este modo, si se requiere llevar a cabo una reformulación de gasolinas de una manera eficiente, es necesario incorporar un mecanismo adecuado de mezclado.

Prueba	Unidades	Método	Especificación Pemex-Magna (1)	Especificación Pemex-Premium (1)
Peso específico 20/4 °C	-	D-1298	Reportar	Reportar
*Destilación Atm. (2)		D-86		
TIE	° C		*Reportar	*Reportar
10 %	° C		*65 Máx.	*65 Máx.
50 %	° C		*77/118	*77/118
90 %	° C		*175 Máx.	*190 Máx.
95 %	° C		*Reportar	*Reportar
TFE	° C		*221 Máx.	*221 Máx.
Residuo de la dest.	° C		*2.0 Máx.	*2.0 Máx.
	% V			
Relación Vapor/Líquido (V/L)		D-2533 D-5188		*
*/**Presión de vapor reid (PVR)	lbs/pulg ²	D-323 D-4953	*6.5 a 9.5	*6.5 a 8.5
Azufre total	% p	D-4294	0.10 Máx.	0.05 Máx.
Prueba doctor	-	D-4952	Negativa	Negativa
Azufre Mercaptánico	% p	D-3227	0.002 Máx.	0.002 Máx.
Corrosión al cobre 3 hrs. 50° C	-	D-130	1 Máx.	1 Máx.
Goma Preformada	mg/100ml	D-381	4 Máx.	4 Máx.
Período de inducción	minutos	D-525	300 min.	300 min.
Contenido de plomo	g/gal (mg/l)	D-3237 D-3116 D-3229	0.010 Máx. (2.6)	0.010 Máx. (2.6)
Octano RON (F1)	-	D-2699	Reportar	Reportar
Octano MON (F2)	-	D-2700	82 Mín.	Reportar
Índice de Octano (R+M)/2 (DON)	-	D-2699 D-2700	87 Mín.	93 Mín. (6)
Fósforo	g/gal (kg/m ³)	D-3231	0.004 Máx. (0.001)	0.004 Máx. (0.001)
Aromáticos	% V	D-1319	***Reportar	***32 Máx.
Olefinas	% V	D-1319	***Reportar	***15 Máx.
Benceno	% V	D-3606 D-4420	4.9 Máx.	2.0 Máx.
Oxígeno (7)	% V	D-4815 D-5599	-	1.0/2.0
Color	-	Visual (3)	Verde Claro (4)	Amarillo
Aditivo	ppm		290 Mín. (5)	500 Mín. (8)
Corrosión ferrosa	%	NACE TM-01-72		

Tabla 1⁽¹⁵⁾. Especificaciones de las gasolinas Pemex-Magna y Pemex-Premium.

Observaciones:

(1) Obligatoria en todo el país excepto en la Zona Metropolitana del Valle de México.

(2) Las temperaturas de destilación corresponden a la presión atmosférica de 101.3 kPa (760 mm Hg).

- (3) Para fines de comparación, colóquese la muestra tipo y la gasolina Pemex-Magna en botellas de 4 onzas.
- (4) El verde claro debe igualar al de la muestra que se prepara en solución acuosa con una mezcla de concentración conocida de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, K_2CrO_4 y H_2SO_4 1N. La gasolina Pemex-Magna ZMVM es de color rojo y se deberá igualar a la muestra patrón elaborada con gasolina base de reciente formulación, con dos mg/l de anilina roja líquida, color Index 164, especificación IMP 1283L-96.
- (5) La concentración del contenido de aditivo detergente dispersante (IMP-DDCV-3), se hace por cálculo en base a su adición másica.
- (6) Para las zonas de influencia de las Superintendencia de Ventas de Ensenada, Rosarito, Mexicali, Cd. Juárez, Avalos y Parral, el Índice de Octano debe ser 92 mín; para el resto del país el Índice de Octano debe ser 93 mínimo.
- (7) Informar además el tipo de compuesto oxigenante empleado y su concentración en la gasolina en (% vol.).
- (8) La concentración del contenido de aditivo detergente dispersante (IMP-D-13), se hace por cálculo en base a su adición másica.
- * Existe especificación para estos valores según la clase de volatilidad que presente (AA, A, B, C, D, E).
- ** Estos valores varían además de la volatilidad por el mes del año y la zona en que se consume.
- *** Los valores de estas especificaciones varían de acuerdo a donde esté destinada la gasolina y, pueden fluctuar de máx. 32-30-25 de aromáticos y máx. 15-12.5-10 de olefinas, la especificación más baja es para ZMVM y las demás para el resto del país.

6.3.2 Descripción de las corrientes que intervienen en el Pool

De manera general se puede decir que un pool de gasolina se compone de las corrientes que se observan en la tabla 2.

Mayor proporción	Complementarias	Reformulación
Reformado FCC	Nafta Virgen n-Butano Hidrodesintegración Polimerización Coquización, etc	Alquilado Isomerizado Oxigenados (MTBE, TAME)
70%	3 - 5 %	25%

Tabla 2. Composición del Pool de Gasolinas.

Estas corrientes se utilizan según la gasolina a preparar y de acuerdo a las especificaciones requeridas. A cada corriente se le hace un análisis para ver si cumplen con las características que deben de tener para poder conformar el pool, en la tabla 3 se muestran éstas características.

En la tabla 2 se observa que la mayor contribución al pool de gasolinas son de la gasolina reformada y de la gasolina catalítica (FCC) debido a su alto octanaje. La primera se encarga de procesar la nafta ligeray, su proceso se está ajustando a las nuevas normas ambientales que limitan el contenido de benceno y aromáticos en las gasolinas; y la segunda de craquear cargas más pesadas (gasóleos) y producir olefinas que sean carga para las unidades de alquilación y oxigenados. Estas unidades constituyen la base del pool, el cual se complementa con otras corrientes para poder cumplir con las especificaciones requeridas para la venta de la gasolina que sale al mercado.

Las gasolinas llamadas complementarias, se utilizan en el pool en una proporción mínima y solo si se necesitan para cumplir con alguna de las especificaciones, ya sea aumentar o disminuir éstas.

Las que se encuentran dentro de la parte de reformulación, son las gasolinas que forman parte de las gasolinas reformuladas y con ellas se cumple actualmente con las especificaciones.

La gasolina de alquilación ha tomado gran importancia debido a sus características de calidad y disminución de los contaminantes totales, así como el alto número de octano que presenta.

Gasolina	RON	MON	DON	AZUF % W	AROM % V	OLEF % V	BENC % V	O ₂ % W	PVR lb/in ²
Reformado	93	84	88.5	0	60	0	4	0	7
CAT-FCC	91	80	85.5	0.17	25	45	0.6	0	7
Nafta v.	55	50	52.5	0.08	8	0	0.7	0	8
n-Butano	91	89	90	0	0	0	0	0	50
Hidro	46	44	45	0	0	0	0	0	5.5
Alquilado	94	92	93	0	0	0	0	0	4.6
Isom.	84	82	83	0	0	0	0	0	14
Isom+IC ₅	86	84	85	0	0	0	0	0	16
MTBE	118	101	109.5	0	0	0	0	18.18	7.8
TAME	112	99	105.5	0	0	0	0	15.65	2.0

Tabla 3 Características de las corrientes del pool de gasolinas.

La gasolina de isomerización, toma importancia porque aunque su número de octano no es tan alto como el de las otras gasolinas de este tipo, su proceso es más económico y ayuda a cumplir con algunas de las especificaciones.

Las gasolinas oxigenadas entre las que se encuentran MTBE y TAME, han tomado importancia debido a que los compuestos oxigenados se consideran buenos sustitutos de

aromáticos ligeros, con altos octanajes, presiones de vapor adecuadas para reemplazar los butanos y oxígenos.

6.3.3 Mezclado típico de una gasolina

Cada Refinería del Sistema Petrolero tiene diferentes esquemas para la preparación de gasolina según las plantas con que cuenten y la o las gasolinas que se preparen. Actualmente se preparan dos tipos de gasolinas: Pemex-Magna y Pemex-Premium, la última con especificaciones más severas en cuanto algunas de sus especificaciones (Ver tabla 1).

La tabla 4 nos muestra un mezclado típico de una gasolina, en donde las gasolinas en mayor proporción son la reformada y la catalítica, las otras gasolinas se mezclan para poder cumplir con las especificaciones y por lo tanto su porcentaje es menor y variable según la especificación a cumplir. Los porcentajes reportados en la tabla 4 no son exactamente los utilizados para la preparación de las gasolinas pero si, una aproximación cercana a los utilizados porque estos varían según las condiciones y características de las corrientes involucradas en la preparación de la gasolina (Ver tabla 3).

Gasolina Pemex-Magna		Gasolina Pemex-Premium	
Gasolina Reformada	45%	Gasolina Reformada	50%
Gasolina Catalítica	35%	Gasolina Catalítica	20%
Gasolina Isomerizada	15%	Alquilado	15%
Otras (complementarias)	5%	Oxigenadas (MTBE/TAME)	10%
		Otras (complementarias)	5%

Tabla 4. Mezclado típico de una gasolina.

CAPITULO 2

ANALISIS DE EXERGIA DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

En este capítulo se presenta la Unidad Isomerizadora de la Refinería de Cadereyta, su simulación y el balance de exergia del proceso.

1. DESCRIPCION DEL PROCESO DE ISOMERIZACION

El proceso PENEX está diseñado para llevar a cabo la isomerización continua de parafinas C_5 y C_6 (pentanos y hexanos), utilizando un catalizador a base de alúmina clorada para obtener isómeros ramificados con números de octanos mayores. La reacción de isomerización está limitada por el equilibrio termodinámico y sólo se favorece la concentración de isómeros ramificados de alto octano a bajas temperaturas.

La reacción de isomerización se lleva a cabo en una atmósfera de hidrógeno bajo condiciones seleccionadas para promover la isomerización y minimizar el hidrocraqueo.

En la tabla 5 se mencionan las características principales del proceso de un solo paso con una columna desisopentanizadora para recirculación de la alimentación.

Debido a que el proceso requiere de una alimentación hidrotratada y de mantener el sistema a sequedad completa, la carga de pentanos-hexanos desulfurada y seca se mezcla con gas hidrógeno previamente secado.

La carga es Hidro-tratada en la unidad HDK, para ser enviada a las columnas preparadoras de carga quienes alimentan al proceso PENEX. No requiere un prefraccionamiento costoso ó ajustes especiales, para remover los hexanos (C_6) y heptanos (C_7). PENEX ofrece una gran flexibilidad en la selección de cargas tanto para su diseño como para su operación. Esto es importante porque permite ajustar el esquema de proceso global de una Refinería como respuesta a las situaciones de cambio en el mercado que puede requerir que la composición de la carga a la Unidad de Isomerización se modifique con el objeto de alcanzar resultados óptimos en el balance general de productos de la Refinería.

Típicamente, el proceso consiste de dos reactores en serie para lograr la conversión máxima en el proceso. El primer reactor opera a una temperatura en el intervalo de 148-204°C, dentro de la cual se favorece la cinética y se reducen los requerimientos de catalizador. El segundo reactor opera a una temperatura en el intervalo de 93-148°C entre el cual se favorece la concentración al equilibrio de los componentes de alto octano.

Las reacciones de Isomerización e Hidrogenación son exotérmicas y aumentan la temperatura en el Reactor, el equilibrio requiere que la temperatura de salida sea tan baja como la actividad del catalizador lo permita. Con un solo Reactor, esto conduciría a una temperatura de entrada

baja y a relaciones de Isomerización bajas en parte de la cama del Catalizador. Lo anterior es debido a que la curva de equilibrio de este sistema de reacción está regida por la temperatura.

Catalizador.....	Pt soportado en alúminas cloradas
Alimentación.....	C ₅ / C ₆ (RON = 69)
Octano Producto.....	84 - 86
Temperatura.....	121 - 204°C
Presión.....	300 - 1000 PSI
Proceso.....	Un solo paso con columna desisopentanizadora para recirc. de la alimentación.
Rendimientos.....	Conversiones próximas al equilibrio
Características:.....	*Se obtendrá una mejora de 15 a 20 unidades en el octano de producto, que aumentará en aprox. 3 a 5 números de octano del pool de gasolinas.
.....	*El MON y RON se mejora en aproximadamente la misma cantidad.
.....	*Es posible lograr una conversión completa de los C ₅ y C ₆ no reaccionados, al introducir otros esquemas de recirculación.

Tabla 5. Características principales del proceso.

Para mantener la actividad del Catalizador, se agrega continuamente con la carga una pequeña cantidad de cloruro como promotor (Tetracloruro de Carbono CCl₄), que se convierte en Acido Clorhídrico en el reactor. Debido a que el catalizador funciona con cantidades muy pequeñas de promotor (medido en partes por millón) no es necesario tener un equipo separado para recuperar y reusar el Acido Clorhídrico. Se le permite salir de la unidad por medio del gas de la Estabilizadora. La cantidad de gas de la Estabilizadora es pequeño, debido a la naturaleza selectiva del Catalizador que permite muy poca hidro-desintegración de la carga Pentano/Hexano. El gas de la Estabilizadora contiene el Hidrógeno no consumido en el Reactor y los gases ligeros (C₁ a C₄) introducidos con el gas de carga y los que se producen en el Reactor debido a la desintegración. El gas de la Estabilizadora se neutraliza en la torre neutralizadora para remover el ácido clorhídrico antes de entrar al sistema de gas combustible de la Refinería.

De acuerdo al diagrama de proceso (Ver diagrama 3), la mezcla hidrógeno-hidrocarburo se hace pasar sobre el lecho fijo de catalizador del primer y segundo reactor donde se llevan a

cabo las reacciones de isomerización, el efluente del segundo reactor pasa a un estabilizador donde separa el producto isomerizado de la corriente gaseosa que contiene el gas hidrógeno y gases ligeros (C_1 a C_4), producidos en los reactores como resultado del craqueo, este gas contiene ácido clorhídrico, por lo que es neutralizado antes de enviarse al sistema de gas combustible. Los productos líquidos isomerizados son estabilizados y, sin tratamiento adicional se envían a mezclarse al pool de gasolinas.

En la operación típica del proceso PENEX, una vez establecida la presión de operación, volumen de carga fresca y flujo de hidrógeno, normalmente solo es necesario ajustar la temperatura de entrada al reactor. En general se puede decir, que la temperatura del Reactor es el control principal del proceso. Sin embargo, existe un límite superior definido para la cantidad de isoparafinas, que pueden existir en el producto del Reactor a cualquier temperatura de salida establecida. Este es el equilibrio termodinámico que se puede alcanzar solamente después de un tiempo infinito, o con un reactor infinitamente grande. En la tabla 6 se presentan los productos típicos de la isomerización.

Al aumentar la temperatura del reactor se incrementa la velocidad de isomerización, por lo tanto la composición se aproximará más al equilibrio. Sin embargo a temperaturas excesivamente altas la concentración de isoparafinas decrecerá por el cambio descendente en la curva de equilibrio, no obstante que a una mayor temperatura se tendrá una velocidad de reacción mayor. Es conveniente recordar que las refinerías están muy interesadas en el número de octano del producto y que el octano máximo alcanzable de la fracción C_5 / C_6 es dictada por la composición al equilibrio.

Tabla 6. PRINCIPALES PRODUCTOS DE LA ISOMERIZACION DE UNA CORRIENTE DE C_5 Y C_6	
CONTENIDO EN LAS CARGAS	CONTENIDO EN EL PRODUCTO ISOMERIZADO
* n - C_5	- Isopentano, (n- C_5) - Producto de craqueo
* n - C_6	-Productos mono-ramificados: (2,metil-pentano y 3,metil-pentano) -Productobi-ramificados: (2,3,dimetil-butano y 2,2metil-butano). -Productos de craqueo: (metano, etano, propano, iso-butano. n-butano, iso-pentano, n-pentano).

1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA

La Unidad Isomerizadora funciona en base al proceso comercial denominado PENEX de tecnología UOP, en el cual la reacción dominante es la conversión de n-parafinas a isoparafinas de número de octano alto.

El esquema de flujo de este proceso asume como carga una mezcla de pentanos-hexanos y procesamiento de un solo paso con una torre desisopentanizadora para recirculación de la alimentación. Con el proceso Penex, es posible incrementar el número de octano (RON y MON) del pool de gasolinas.

Este proceso ha adquirido gran importancia debido al compromiso actual que existe para mejorar la calidad de las gasolinas, así como su efectividad y flexibilidad.

La descripción que a continuación se detalla está basada en el DFP de la Unidad Isomerizadora de la Refinería de Cadereyta (Ver diagrama 3) y, adecuado para fines de la simulación que se efectuó de dicha unidad (Ver diagrama 2).

2.1 Equipos

Esta unidad cuenta con 47 equipos, (diag. 2).

2.1.1 Listado e identificación de equipos.

Los equipos están identificados de acuerdo al diagrama 2.

Solo Aire (Aeroenfriadores)

EC-301	Enfriador con aire de la corriente de carga de nafta ligera.
EC-302	Enfriador con aire de la corriente de isómero producto.
EC-303	Condensador (con aire) de la torre DA-301.
EC-304	Condensador (con aire) de la torre DA-302.

Bomba

GA-301	Bomba de la corriente de fondo de la torre desisopentanizadora a intercambio de calor EA/301/302/303.
GA-302	Bomba de carga a la sección de reacción.

Reactor

DC-301 Primer reactor del sistema de reacción.
DC-302 Segundo reactor del sistema de reacción.

Torre

DA-301 Torre desisopentanizadora de nafta ligera.
DA-302 Torre estabilizadora del producto del sistema de reacción.

Compresor

GB-301 Compresor de la corriente de hidrógeno de carga.

Enfriadores y Calentadores

EA-301 Int. de calor de la corriente de isómero producto de DA-301 con la carga de nafta ligera.
EA-302 Int. de calor de corriente de isómero producto de EA-303.
EA-303 Int. de calor de la corriente de isómero producto de la DA-302 con DA-301 de EA-302.
EA-304 Enfriador con agua de la corriente de alimentación al acumulador de carga al reactor.
EA-305 Int. de calor de alimentación combinada fría al sistema de reacción con corriente de DC-302
EA-306 Int. de calor de alimentación combinada caliente del DC-301 al EA-307.
EA-307 Calentador con vapor de media de la corriente de carga al reactor DC-301.
EA-308 Enfriador con agua de isómero producto.
EA-309 Enfriador con agua de la corriente de isómero producto de DA-301.
EA-310 Enfriador con agua de la corriente de alimentación de hidrógeno.
EA-311 Vaporizador (vapor de baja) de la corriente de isómero regenerante de fondo de la DA-302.
EA-312 Rehervidor (vapor de baja) de la torre desisopentanizadora DA-301.
EA-313 Rehervidor (vapor de media) de la torre estabilizadora DA-302.
EA-314 Enfriador con agua de la corriente de isómero producto de la sección de vaporización.
EA-316 Condensador de la torre estabilizadora DA-302
BH-301 Sobrecalentador con vapor de alta de la corriente de carga al reactor DC-301.

Mezclador

MX-301 Mezclador de la corriente de carga de recirculación de hidrógeno a la sección de carga.
MX-302 Mezclador de las corrientes de nafta ligera e hidrógeno a la sección de reacción.
MX-303 Mezclador de las corrientes de isómero producto de la torre DA-301 y del enfriamiento del isómero EC-302.
MX-304 Mezclador de las corrientes de isómero producto de sección de vaporización y enfriamiento.

Acumulador (recipiente)

FA-301	Acumulador de Balace de carga de nafta ligera a la sección de reacción.
FA-302	Acumulador de succión del compresor de hidrógeno.
FA-303	Acumulador separador de hidrógeno, adsorbadora de azufre.
FA-304	Secadores de hidrógeno para carga a la sección de reacción.
FA-305	Secadores de carga de nafta ligera al FA-301
FA-306	Secador de la corriente de isómero producto de la sección de vaporización BH-301/EA-311.
FA-307	Acumulador del domo de la torre DA-302.
FA-308	Acumulador del domo de la torre DA-301.

Válvula

VX-301	Válvula de expansión de hidrógeno de recirculación a MX-301.
VX-302	Válvula de expansión de isómero producto a vaporizador EA-311.
VX-303	Válvula de expansión de la corriente del sistema de reacción a DA-302.

Divisor

DV-301	Divisor de la carga de hidrógeno a sección de secado y recirculación al separador de hidrógeno.
DV-302	Divisor de la corriente de isómero para enfriar como producto y recirculación a sección de secado.
DV-303	Divisor de la corriente de isómero como producto y reflujo a la torre DA-301.
DV-304	Divisor de la carga a sección de secado y los iC_5 e iC_6 reflujo inferior de la DA-301.
DV-305	Divisor de la corriente de isómero como producto a intercambio de calor y reflujo inferior a la torre DA-302.

2.1.2 Descripción de los equipos más importantes

Se presenta una descripción del equipo mayor de la línea, su función en el proceso y su lugar en el flujo de proceso.

A. *Desisopentanizadora*

Esta torre que consta de 82 platos (80 en la columna y los dos de servicio (condensador y rehervidor)), trata la carga que llega al reactor de isomerización. Su función es la de separar el isopentano (isohexano), que representa entre el 11-12% de la alimentación y, este va directamente al pool de gasolinas. Su función puede ser la de una columna preparadora de carga; el condensador de esta columna es un enfriador con aire (soloaire) y, el rehervidor es un calentador con vapor de baja.

Al separar el isopentano de la corriente, se elimina del reactor una fracción de hidrocarburos que no reaccionan y éste volumen puede ser ocupado por una mayor cantidad de n-pentanos que son el objeto de la reacción de isomerización, aumentando así el procesamiento de la planta.

B. *Adsorbedora de azufre*

El objeto de la adsorbedora de azufre es proteger al catalizador PENEX del azufre contenido en la carga líquida. La hidrodesulfuradora remueve la mayor parte del azufre de la carga a la unidad. La adsorbedora reduce el azufre a un nivel de seguridad para la operación PENEX y sirve como un seguro contra fallas que pueden resultar en niveles de azufre en la carga más altos de lo normal.

La adsorbedora se carga con un adsorbente, que contiene níquel, diseñado para adsorber químicamente el azufre de la carga líquida. La carga se calienta a la temperatura requerida para remover el azufre, normalmente 120°C (250°F) y pasa por el adsorbente, con flujo descendente. Cuando el azufre empieza a pasar, normalmente después de un año de operación más ó menos, la adsorbedora se saca de línea y se recarga con adsorbente fresco. La unidad PENEX no necesita salir de operación durante un corto período de tiempo requerido para cargar la adsorbedora siempre que la hidrodesulfuradora opere satisfactoriamente.

C. *Secadores de carga líquida.*

El objeto de los secadores de carga líquida es asegurar que la corriente de hidrocarburo de la sección de tratamiento esté seca antes de entrar a la unidad PENEX. Estos se operan en serie excepto cuando alguno de ellos está en regeneración y en este tiempo sólo uno estará en servicio.

La corriente hidrotratada C_5 / C_6 se introduce en el secador de carga líquida por el fondo y se pasa corriente arriba a través del desecante de mallas moleculares. El flujo se dirige entonces a través de línea cruzada al otro secador de carga. El flujo a través de éste secador de carga también es ascendente. El hidrocarburo seco se dirige al acumulador de carga.

Después de algún tiempo, el secador en la primera posición se llegará a gastar como lo indicará el analizador de humedad localizado entre los dos secadores. Entonces será necesario regenerar este secador. El secador gastado se saca de servicio cerrando las válvulas apropiadas. El segundo secador en serie queda ahora solo en servicio como el único secador de carga. La toma del analizador de humedad se cambia a la del secador en servicio para su control. Después de terminar la regeneración del secador, queda listo para entrar en servicio.

Se hace un cambio de tal manera que el secador regenerado quede en la segunda posición y el que está en servicio queda en la primera posición. Después de un tiempo el primer secador se llega a gastar y debe ser regenerado, el segundo secador pasa ahora a la primera posición quedando solo en servicio. Esta es la manera como los secadores se alinearán para el flujo de proceso.

D. *Secadores de hidrógeno de carga*

El gas hidrógeno de carga se debe secar con el objeto de proteger el catalizador. Los secadores de gas operan de la misma manera que los secadores de carga líquida. Los secadores operan en serie. El hidrógeno seco se envía al circuito del reactor a control de flujo. El hidrógeno se usa también para controlar la presión en el acumulador de carga y para poner en operación la estabilizadora.

E. *Tanque de balance de carga*

El objeto de este acumulador es suministrar capacidad de balance a la carga líquida a la unidad PENEX. La carga líquida seca proveniente de los secadores se envía a este acumulador.

F. *Circuito de cambiadores de calor del sistema de reacción*

La carga líquida seca se bombea del acumulador de carga por una de las dos bombas de carga al reactor a través del circuito de cambiadores a control de flujo. El circuito de cambiadores del reactor consiste en el cambiador de carga combinada fría, el cambiador de carga combinada caliente y el calentador de carga al reactor.

Antes de la entrada del hidrocarburo líquido al cambiador de carga fría, se combina con la corriente de hidrógeno de carga. Después de combinarse, la corriente de hidrocarburo-hidrógeno pasa a través del circuito de cambiadores en el orden previamente mencionado. Después de que el gas hidrógeno se combina con la carga, se agrega una pequeña cantidad de promotor del catalizador (tetracloruro de carbono). El promotor del catalizador se bombea dentro del proceso por una de las dos bombas de inyección. El promotor del catalizador se almacena en un acumulador con atmósfera de nitrógeno.

La carga combinada finalmente se lleva a la temperatura deseada en el calentador de carga al reactor por medio de un controlador de temperatura que controla el flujo del medio de calentamiento. El calentador de carga está equipado con un sistema de paro automático, que se activa por carga baja ó, baja alimentación del flujo de gas. Después de salir del calentador de carga al reactor la corriente de carga combinada fluye al primer reactor.

G. Reactores de isomerización

Los reactores son el corazón del proceso. La operación de ellos es de tal manera que un reactor puede colocarse en serie con el otro reactor. Varias veces durante la operación de la unidad un reactor puede estar en la primera posición y otras en la segunda posición. Dentro de la cama de catalizador del reactor se cuenta con termopares que nos permiten evaluar el nivel de la actividad del catalizador.

Después de salir del calentador de carga al reactor, la carga combinada entra al primer reactor. La carga que sale del primer reactor pasa por el cambiador de carga combinada caliente, donde el calor de reacción del primer reactor se remueve parcialmente. La corriente parcialmente enfriada se envía al segundo reactor, donde se completa la reacción final del proceso.

Después de salir del segundo reactor el efluente se envía al lado de los tubos del cambiador de carga combinada fría. El efluente, al salir del lado de los tubos del cambiador de carga combinada fría, se envía a la estabilizadora a control de presión.

H. Estabilizadora.

El objeto de esta columna es separar del producto isomerizado, el hidrógeno disuelto, el ácido clorhídrico (HCl) y los gases producidos por las reacciones de hidrodesintegración de la carga líquida (C_1 , C_2 , C_3 y C_4).

Esta torre tiene 32 platos (30 en la columna y 2 de servicio (condensador y rehervidor)), el condensador es un enfriador con aire (soloaire) y el rehervidor es un calentador con vapor de media.

La carga a esta columna se envía caliente directamente del cambiador de carga combinada fría. La columna se calienta por medio de un recalentador. El calentamiento se controla por un controlador de flujo del vapor.

Los vapores del domo de la columna estabilizadora que son hidrocarburos ligeros van a un condensador con aire, enseguida a un condensador final enfriado por agua y de ahí al receptor de la estabilizadora. Para mantener la presión en la columna, los gases ligeros se envían a control de presión hacia la torre neutralizadora de gases de la estabilizadora.

Todo el líquido condensado proveniente del domo de la estabilizadora se bombea a control de nivel del receptor del domo como reflujo al plato No. 1 de la columna. El producto del fondo se envía a almacenamiento a control de nivel, después de haberse enfriado en el

enfriador de fondos de la estabilizadora. Parte de los fondos de la estabilizadora se usan para regenerar los secadores.

2.1.3 Servicios Auxiliares

A continuación se presentan los servicios de diseño requeridos en la Unidad Isomerizadora, de acuerdo al libro de diseño.

Vapor

	Presión (kg/cm ² man) mín/nor/max	Temperatura (°C) mín/nor/max	Calidad	Disponibilidad
Vapor de Alta	28.1/29.53/30.2	344/345/348	Sobrecalentado	La requerida
Vapor de Media (1) (2) (1) (3)	/17.58/ 10.5	/318/ 240	Sobrecalentado Sobrecalentado	La requerida
Vapor de Baja	3.2/3.5/4.2	170/150/190	Saturado	La requerida
Vapor de Baja (4)	/3.5/	/155/	Sobrecalentado	La requerida

- 1) Se genera a partir de vapor de alta presión.
- 2) Vapor para calentamiento.
- 3) Vapor de apagado y/o arrastre.
- 4) Se genera a partir del vapor motriz de turbinas.

Retorno de condensado

El condensado se entrega en LB con las siguientes características

	Presión (kg/cm ² man)	Temperatura (°C)
Condensado de Media presión	17.22	208
Condensado de Baja presión	2.81	78 máx

Agua de enfriamiento. (1)

Las condiciones del agua de enfriamiento en LB serán las siguientes:

Presión de suministro, kg/cm ² man:	3.5
Presión de retorno, kg/cm ² man:	2.0 mín
Temperatura de suministro, °C:	32
Temperatura de retorno, °C:	46 máx
Disponibilidad	La requerida

- (1) Las condiciones de suministro y retorno consideran agua de torre de enfriamiento.

Aire de planta.

El aire de planta será suministrado en LB con las condiciones siguientes:

Presión:	7.0 kg/cm ² man
Temperatura:	38 °C

Aire de instrumentos.

Será suministrado en LB con las condiciones siguientes:

Presión:	3.5 kg/cm ² man
Temperatura:	38 °C

Electricidad.

Características de alimentación a la planta.

Tensión, voltios:	4160
Número de fases:	3
Frecuencia, ciclos:	60
Capacidad interruptiva de corto circuito, MVA:	300

2.2 Secciones

Para la realización del análisis exérgico, se dividió a la Unidad Isomerizadora en 7 secciones (Ver diagramas 4 a 10) para poder así detectar la sección con mayor porcentaje de pérdidas irreversibles y totales de la unidad; las cuales son:

1. Sección de Carga de Hidrocarburo.
2. Sección de Carga y Secado de Hidrógeno.
3. Sección de Secado de Carga.
4. Sección de Reacción.
5. Sección de Estabilización.
6. Sección de Vaporización.
7. Sección de Isómero Producto.

Sección de Carga de Hidrocarburo.

Esta es la sección donde se alimenta la nafta ligera proveniente de la Unidad Hidrodesulfuradora, para preparar esta corriente y poder así alimentarla a la sección de Reacción.

El equipo importante en esta sección es la columna desisopentanizadora (DA-301), en donde se trata la carga que llega al reactor de isomerización. El condensador de la columna es un enfriador con aire (EC-303, solo aire) y, el rehervidor es un cambiador con vapor de baja (EA-312).

Sección de Carga y Secado de Hidrógeno.

En esta sección se alimenta a la unidad el Hidrógeno que va a la sección de Reacción. Los principales equipos son la adsorbedora de azufre y la secadora de hidrógeno puesto que, tanto el azufre como el agua son los principales contaminantes, y estos equipos protegen al catalizador

Sección de Secado de Carga.

El equipo importante en esta sección es el tanque de balance de carga al reactor (FA-301). Se tiene también un secador de carga líquida (FA-305) y, los enfriadores EC-301 (con aire) y EA-304 (con agua de enfriamiento).

Sección de Reacción.

En esta sección se tiene un circuito de cambiadores de calor del reactor y el sistema de reacción.

Circuito de cambiadores de calor, consiste en el cambiador de carga combinada fría (EA-305), el cambiador de carga combinada caliente (EA-306) y el calentador de carga al reactor (EA-307).

Sistema de reacción. Los reactores (DC-301 y DC-302) son el corazón de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Después de salir del calentador de carga al reactor (EA-307), la carga combinada entra al primer reactor (DC-301). La carga que sale del primer reactor pasa por el cambiador de carga combinada caliente (EA-306), donde al salir del primer reactor se remueve parcialmente. La

corriente parcialmente enfriada se envía al segundo reactor (DC-302), donde se completa la reacción final del proceso.

Después de salir del segundo reactor el efluente se envía al lado de los tubos del cambiador de carga combinada fría (EA-305). El efluente al salir del lado de los tubos del cambiador de carga combinada fría se envía a la estabilizadora (DA-302) a control de presión.

Sección de Estabilización.

En esta sección se tiene la columna estabilizadora (DA-302). El objeto de esta columna es separar del producto isomerizado el hidrógeno disuelto, el ácido clorhídrico (HCl) y los gases producidos por las reacciones de hidrogenación de la carga líquida (C_1 , C_2 , C_3 y C_4). La carga a esta columna se envía caliente directamente del cambiador de carga combinada fría (EA-305).

La columna se calienta por medio de un recalentador (EA-313) con vapor de media que es controlado por un controlador de flujo de vapor; los vapores del domo de la columna estabilizadora que son hidrocarburos ligeros van a un condensador con aire (EC-304), enseguida a un condensador final enfriado por agua (EA-316) y de ahí al receptor de la estabilizadora (FA-307).

Todo el líquido condensado proveniente del domo de la estabilizadora se bombea a control de nivel del receptor del domo como reflujo al plato No.1 de la columna.

Sección de Vaporización.

A esta sección llega el producto de fondo de la columna estabilizadora (DA-302) para enviarse a almacenamiento a control de nivel (FA-306), para después mezclarse en la sección de isómero producto (MX-305).

Sección de Isómero Producto.

En esta sección tenemos una serie de enfriadores del producto isomerizado, el enfriador con aire (EC-302) y, los enfriadores con agua (EA-308/9). También dos mezcladores de producto isomerizado, el MX-305 que mezcla las corrientes provenientes de las secciones de estabilización (después de haber pasado por los enfriadores EC-302 y EA-308) y vaporización y, el MX-303 que mezcla la corriente proveniente del MX-305 y la proveniente de la sección de carga de hidrocarburo (producto de domo de la columna DA-301, que son los isómeros de la alimentación que se separaron en dicha torre), para dar el isómero producto.

3. BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA DEL PROCESO

El balance de materia y energía de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos de la Refinería Hector Lara Sosa localizada en Cadereyta, N. L., México (diagrama 3), se realizó de acuerdo al diagrama No. 2 y se llevó a cabo por medio de una simulación en ASPEN PLUS, en el marco el proyecto E0A-7442 "Optimización Exérgica de un Esquema de Refinación".

3.1 Simulación de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos

Bases de la Simulación

Capacidad de la Planta

La capacidad considerada es de 11412.23 BPD de Nafta ligera producto de la simulación de la Unidad Hidrodesulfuradora dentro del mismo proyecto, tomando como base el esquema de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos de la Refinería de Cadereyta, N. L., diseñada para procesar 15,000 BPD de nafta ligera.

Características de la carga

La carga suministrada a la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos es la nafta ligera, producto de la simulación efectuada a la Unidad Hidrodesulfuradora. A esta unidad se le suministra una carga de hidrógeno proveniente de la simulación efectuada a la Unidad Reformadora. En la tabla 7 se muestran las características de la nafta ligera y del hidrógeno y, en la tabla 8 la composición de la nafta ligera.

Tabla 7. Características de la nafta ligera y del hidrógeno

Propiedades	Unidades	Nafta ligera	Hidrógeno
Flujo total	kmol/h	637.169	168.619
Flujo total	kg/h	49999.914	1231.037
Flujo total std.	bbl/día	11412.232	23367.903
Pseudocomponentes	fracción	0.095	0
Peso Molecular	fracción	80.476	2.768
Azufre total	fracción	0	0
Mercaptanos	fracción	0	0
Parafinas	fracción	1.006	0
Naftenos	fracción	0.124	0

Propiedades	Unidades	Nafta ligera	Hidrógeno
Aromáticos	fracción	0.511	0
N ₂ Básico	fracción	0	0
N ₂ Total	fracción	0	0
Fierro	fracción	0	0
Niquel	fracción	0	0
Vanadio	fracción	0	0
Temp. de anilina	° C	57.804	
Temp. de congelación	° C	-125.906	-190.516
Temp. de escurrimiento	° C	-115.526	
API		85.098	225.795
Gravedad específica		0.653	0.396
Poder calorífico neto	BTU/lb	17911.221	27432.846
% Volumen		100	100
% Peso		100	100

Tabla 8. Nafta ligera alimentada proveniente de la simulación de la Planta Hidrodesulfuradora de Naftas. Flujo normal 11412.23 BPD a 15.6 °C (60 °F).

COMPUESTO	ALIMENTACION (kgmol/h)
RON	(C _s /C ₆) 69
Propano	0
iso-Butano	0
n-Butano	0
iso-Pentano	97.0
n-Pentano	322.37
2,2 DiMe Butano	7.54
2,3 DiMe Butano	25.03
2 Me Pentano	81.64
3 Me Pentano	77.24
n-Hexano	142.23
Me Ciclopentano	31.12
Ciclohexano	17.19
2,2 DiMe Pentano	0
Benceno	27.89
n-Heptano	0.89

Características del Producto

El producto de la Unidad Isomerizadora de pentanos y hexanos es el resultado de la simulación dicha unidad, las características de este producto son comparables con las del diagrama de flujo de diseño de proceso de la unidad en la Refinería Héctor Lara Sosa de Cadereyta, N.L.. En la tabla 9 se muestra la comparación producto de la simulación y de diseño de la unidad, a la salida de la sección de reacción.

Compuesto	Producto (fracmol) Diseño	Producto (fracmol) Simulación	% error
Propano	1.219E-05	1.2506E-05	-3.15E-09
Isobutano	0.00161	0.00162	-1.69E-07
NButano	0.00135	0.00135	-1.87E-08
isopentano	0.38653	0.38870	-2.17E-05
NPentano	0.12351	0.12447	-9.59E-06
2,2 Dimebutano	0.12789	0.12798	-9.09E-07
2,3 Dimebutano	0.04213	0.04205	7.89E-07
2 Mepentano	0.13747	0.13712	3.5E-06
3 Mepentano	0.07262	0.07313	-5.13E-06
NHexano	0.04557	0.04571	-1.39E-06
Meciclopentano	0.02774	0.02808	-3.36E-06
Ciclohexano	0.02788	0.02976	-1.88E-05

Tabla 9. Características del producto (salida del sistema de reacción).

Módulo de simulación del proceso

El Módulo para la realización de la simulación de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos fue armado utilizando el Simulador de Procesos Aspen Plus utilizando los modelos que se detallan en la tabla 10 para cada uno de los equipos que componen la Unidad.

Tabla 10. Modelo de Simulación de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Nombre	Módulo de Aspen Plus	Características	Equipo	Función	Temp. Op. °C	P. de Op. bar
Torre	<p>RADFRAC, HEATER</p>	<p>Modelo riguroso para simular todo tipo de separación multietapas líquido-vapor.</p> <p>El modelo RADFRAC tiene incluido el condensador y rehervidor como parte integral del modelo.</p> <p>En el caso especial de éstas torres, se consideraron como tres equipos separados para su simulación, el condensador (enfriador con aire) fue simulado en el módulo de los aerofriadores (soloaire); el rehervidor, en el módulo de heatx.</p>	<p>DA-301</p> <p>DA-302</p>	<p>Torre desisopentanizador a (80 platos) de nafta ligera.</p> <p>Torre estabilizadora (30 platos) del producto del sistema de reacción.</p>	<p>D= 86.155 F= 114.946</p> <p>D= 47.409 F= 157.672</p>	<p>4.54 4.54</p> <p>15.53 15.53</p>
Secador	<p>HEATER</p>	<p>Determina las condiciones térmicas de una o más corrientes calentadas o enfriadas así como la fase en la que se encuentran.</p>	<p>FA-304</p> <p>FA-305</p> <p>FA-306</p>	<p>Secadores de H₂ para carga a la sección de reacción.</p> <p>Secadores de carga de nafta ligera al FA-301.</p> <p>Secador de la corriente de isómero producto de la sección de vaporización BH-301/EA-311.</p>	<p>37.96</p> <p>38.00</p> <p>315.56</p>	<p>36.22</p> <p>7.19</p> <p>5.92</p>

Tabla 10. Modelo de Simulación de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Nombre	Módulo de Aspen Plus	Características	Equipo	Función	Temp. Op °C	P. de Op. bar
Aeroenfriadores	<p>HEATER, COMPR.</p>	<p>El modelo HEATER se usó para el intercambio de calor de la corriente de proceso y el aire.</p> <p>El modelo COMPR se utilizó como soplador de la corriente de aire.</p>	<p>EC-301</p> <p>EC-302</p> <p>EC-303</p> <p>EC-304</p>	<p>Enfriador con aire de la corriente de carga de nafta ligera.</p> <p>Enfriador con aire de la corriente de isómero producto.</p> <p>Condensador de la torre DA-301.</p> <p>Condensador de la torre DA-302.</p>	<p>55</p> <p>55</p> <p>42</p>	<p>7.19</p> <p>10.82</p> <p>4.45</p> <p>15.53</p>
Bomba		<p>Cambia la presión de la corriente cuando se necesita conocer la potencia y viceversa.</p> <p>Este modelo está diseñado para manejar una sola fase líquida.</p>	<p>GA-301</p> <p>GA-302</p>	<p>Bomba de la corriente de fondo de la torre desisopentanzador a a intercambio de calor EA/301/302/303.</p> <p>Bomba de carga a la sección de reacción.</p>	<p>7.19</p> <p>36.51</p>	<p>7.19</p> <p>30.00</p>
Reactor		<p>Especificar las condiciones de salida. Para 2 o 3 fascs, 2 de las variables pueden ser especificadas: temperatura, presión, fracción vapor o capacidad calorífica. Se acepta cualquier combinación excepto fracción vapor y capacidad calorífica. Para una sola fase, la temperatura y presión, ó presión y capacidad calorífica pueden ser especificadas.</p>	<p>DC-301</p> <p>DC-302</p>	<p>Primer reactor del sistema de reacción.</p> <p>Segundo reactor del sistema de reacción.</p>	<p>30.00</p> <p>30.00</p>	<p>30.00</p> <p>30.00</p>

Tabla 10. Modelo de Simulación de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.



Nombre	Módulo de Aspen Plus	Características	Equipo	Función	Temp. Op °C	P. de Op. bar
Divisor	FSPLIT 	Divide el flujo de una corriente.	DV-301 DV-302 DV-303 DV-304 DV-305	Divisor de la carga de Hidrógeno a sección de secado y recirc. al separador de hidrógeno. Divisor de la corriente de isómero para enfriar como producto y recirc. a sección de secado. Divisor de producto de la corriente de isómero como producto y reflujo a la torre DA-301. Divisor de la carga a sección de secado y los iC ₅ e iC ₆ reflujo inferior de la DA-301. Divisor de la corriente de isómero como producto a intercambio de calor y reflujo inferior a la torre DA-302.		
Mezclador	MIXER 	Combina corrientes en una sola.	MX-301	Mezclador de la corriente de carga y recirc. de hidrógeno a la sección de carga.	37.96	28.37

Tabla 10. Modelo de Simulación de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.



Nombre	Módulo de Aspen Plus	Características	Equipo	Función	Temp. Op °C	P. de Op. bar
Mezclador	MIXER 	Combina corrientes en una sola.	MX-302 MX-303 MX-305	Mezclador de las corrientes de nafta ligera e hidrógeno a la sección de reacción. Mezclador de las corrientes de isómero producto de la torre DA-301 y del enfriamiento del isómero EC-302. Mezclador de las corrientes de isómero producto de sección de vaporización y enfriamiento.	41.59 38.81 38.22	36.22 3.43 4.54
Válvula	VALVE 	Calcula las condiciones de una corriente después de una caída de presión para una, dos y tres fases. Este modelo se usa para válvulas de control y cambiadores de presión, así mismo el modelo asume que el proceso es adiabático.	VX-301 VX-302 VX-304	Válvula de exp. de hidrógeno de recirculación a MX-301. Válvula de exp. de isómero producto a vaporizador EA-311. Válvula de expansión de la corriente del sistema de reacción a DA-302.	28.37 7.58 25.52	

Tabla 10. Modelo de Simulación de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

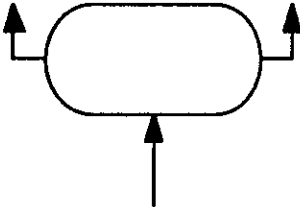
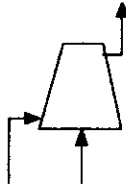
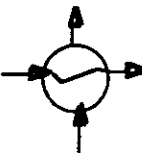
Nombre	Módulo de Aspen Plus	Características	Equipo	Función	Temp. Op °C	P. de Op. bar
Separador	FLASH2 	Separación de fases en una sola etapa.	FA-301	Acumulador de Balance de carga de nafta ligera a la sección de reacción.	36.62	7.19
			FA-302	Acumulador de suc. del compresor de hidrógeno.	37.95	28.18
			FA-303	Acum. separador de hidrógeno, ads. de azufre.	37.96	36.22
			FA-307	Acumulador del domo de la torre DA-302.	38.00	15.53
			FA-308	Acumulador del domo de la torre DA-301.	71.96	3.43
Compresor	COMPR 	Aumento de presión de la fase gaseosa.	GB-301	Compresor de la corriente de hidrógeno de carga.	70.57	30.18
Cambiador de Calor (Proceso-Proceso y Proceso-Aguas)	HEATX 	Intercambio de calor entre dos corrientes. Cambiador de calor de tubos y coraza. Analiza de manera rigurosa el intercambio de calor de las corrientes en una o dos fases.	EA-301	Int. de calor de la corriente de isómero producto de DA-301 con la carga de nafta ligera.		1.18097
			EA-302	Int. de calor de corriente de isómero producto con corriente de EA-303.		0.54959

Tabla 10. Modelo de Simulación de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

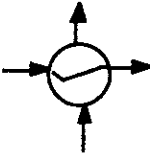
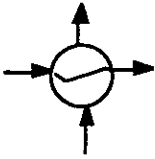
Nombre	Módulo de Aspen Plus	Características	Equipo	Función	Carga Térmica MWatt
Cambiador de Calor (Proceso-Proceso y Proceso-Aguas)	HEATX 	Intercambio de calor entre dos corrientes. Cambiador de calor de tubos y coraza. Analiza de manera rigurosa el intercambio de calor de las corrientes en una o dos fases.	EA-303 EA-305 EA-306 EA-304 EA-308 EA-309 EA-310	Int. de calor de la corriente de isómero producto de la DA-302 con DA-301 de EA-302. Int. de calor de alimentación combinada fría al sistema de reacción con corriente de DC-302. Int. de calor de alim. combinada caliente del DC-301 al EA-307. Enfriador con agua de la corriente de acumulador de carga al reactor. Enfriador con agua de isómero producto. Enfriador con agua de la corriente de isómero producto de DA-301. Enfriador con agua de la corriente de alimentación de hidrógeno.	0.74809 0.01923 1.09415 0.33046 0.33030 0.43463 0.05997

Tabla 10. Modelo de Simulación de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Nombre	Módulo de Aspen Plus	Características	Equipo	Función	Carga Térmica MWatt
Cambiador de Calor (Proceso y Proceso-Aguas)	HEATX 	Intercambio de calor entre dos corrientes. Cambiador de calor de tubos y coraza. Analiza de manera rigurosa el intercambio de calor de las corrientes en una o dos fases.	EA-314 EA-316 EA-311 EA-312 EA-307 EA-313 BH-301	Enfriador con agua de la corriente de isómero producto de la sección de vaporización. Condensador de la torre estabilizadora DA-302. Vaporizador (baja) de la corriente de isómero regenerante de fondo de la DA-302. Rehervidor (vapor de baja) de la torre desisopentanzador a DA-301. Calentador con vapor de media de la corriente de carga al reactor DC-301. Rehervidor (vapor de media) de la torre estabilizadora DA-302. Sobrecalentador con vapor de alta de la corriente de carga al reactor DC-301.	0.47243 0.01499 0.17283 39.13030 1.29191 0.53778 0.18281

Características de Servicios auxiliares

Las características de los servicios auxiliares utilizados en la simulación se detallan a continuación:

Agua de enfriamiento

suministro: 3.5 kg/cm² man, 32 °C

retorno: 2.0 kg/cm² man, 46 °C

Agua de proceso

suministro: 3.51 kg/cm² man, 36 °C

retorno: 2.74 kg/cm² man, 43.3 °C

Aire de instrumentos

suministro: 3.5 kg/cm² man, 38 °C

Vapor de alta

suministro: 29.53 kg/cm² man, 34.5 °C

Vapor de media

suministro: 17.58 kg/cm² man, 318 °C

retorno: 17.22 kg/cm² man, 208 °C

Vapor de baja

suministro: 3.5 kg/cm² man, 155 °C

retorno: 2.81 kg/cm² man, 70 °C

Los resultados de la simulación se pueden ver en el Anexo 2; el Balance global de materia y energía de la Unidad en la Fig. 3; y el balance de cada sección de la unidad en la fig 4, en los cuales se puede observar que el balance es correcto.

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

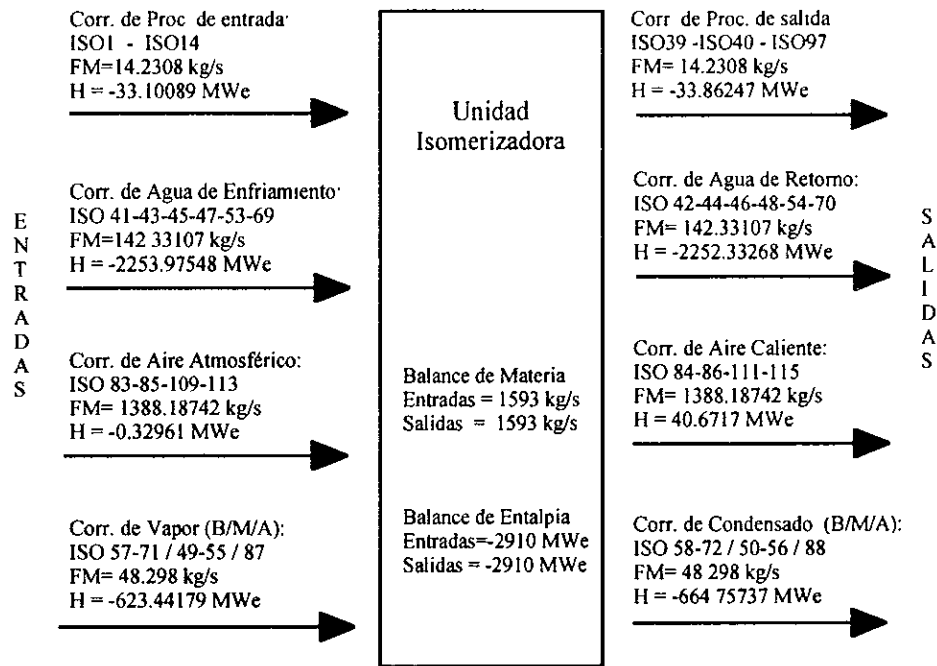


Fig. 3 Balance global de Materia y Energía de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

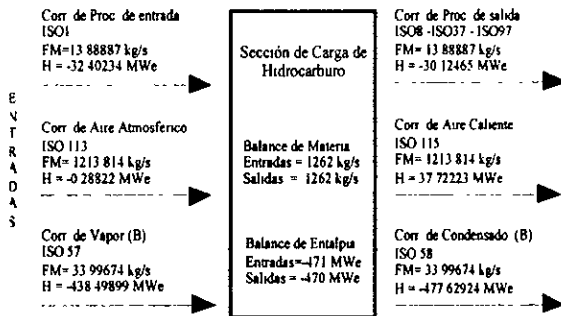


Fig. 4A

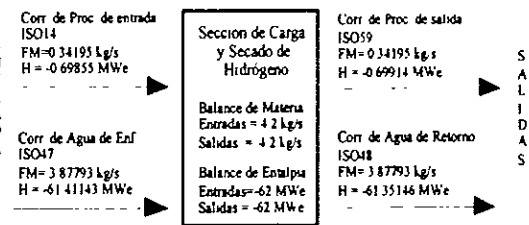


Fig. 4B

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

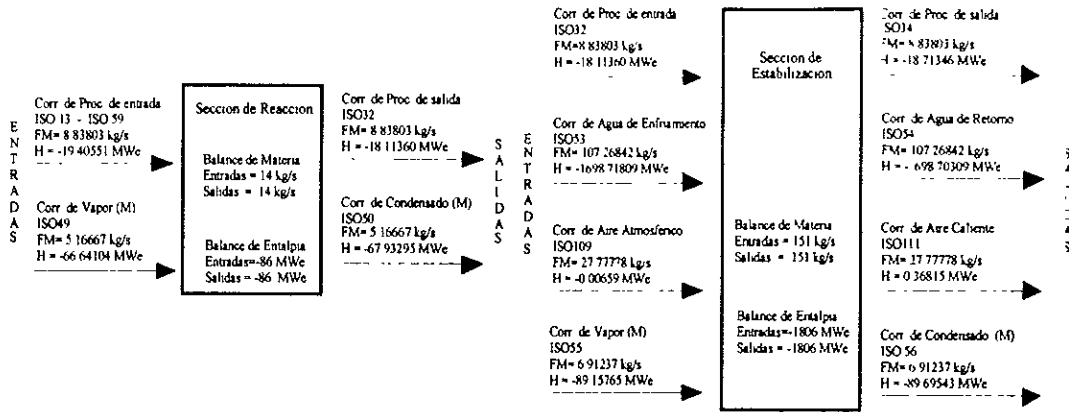


Fig. 4C

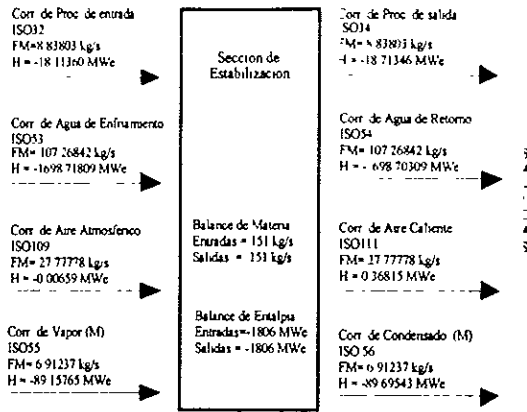


Fig. 4D

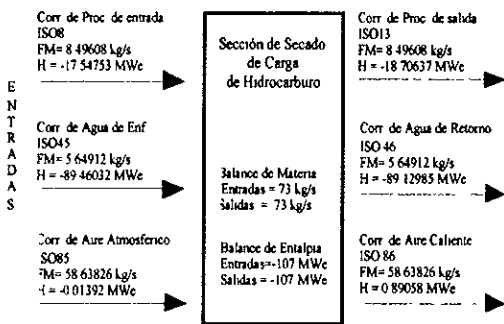


Fig. 4E

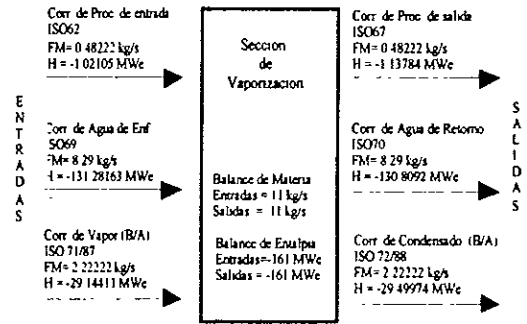


Fig. 4F

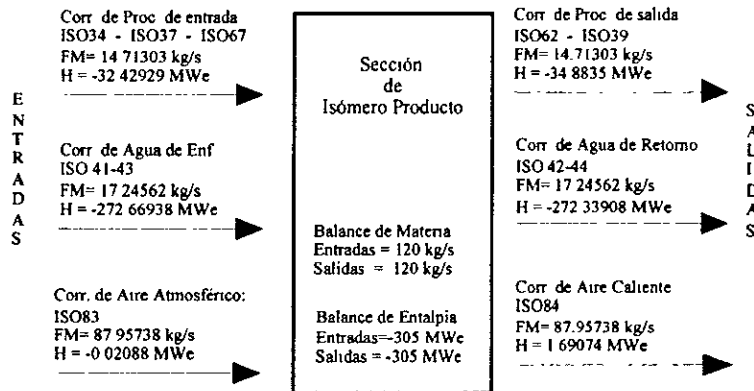
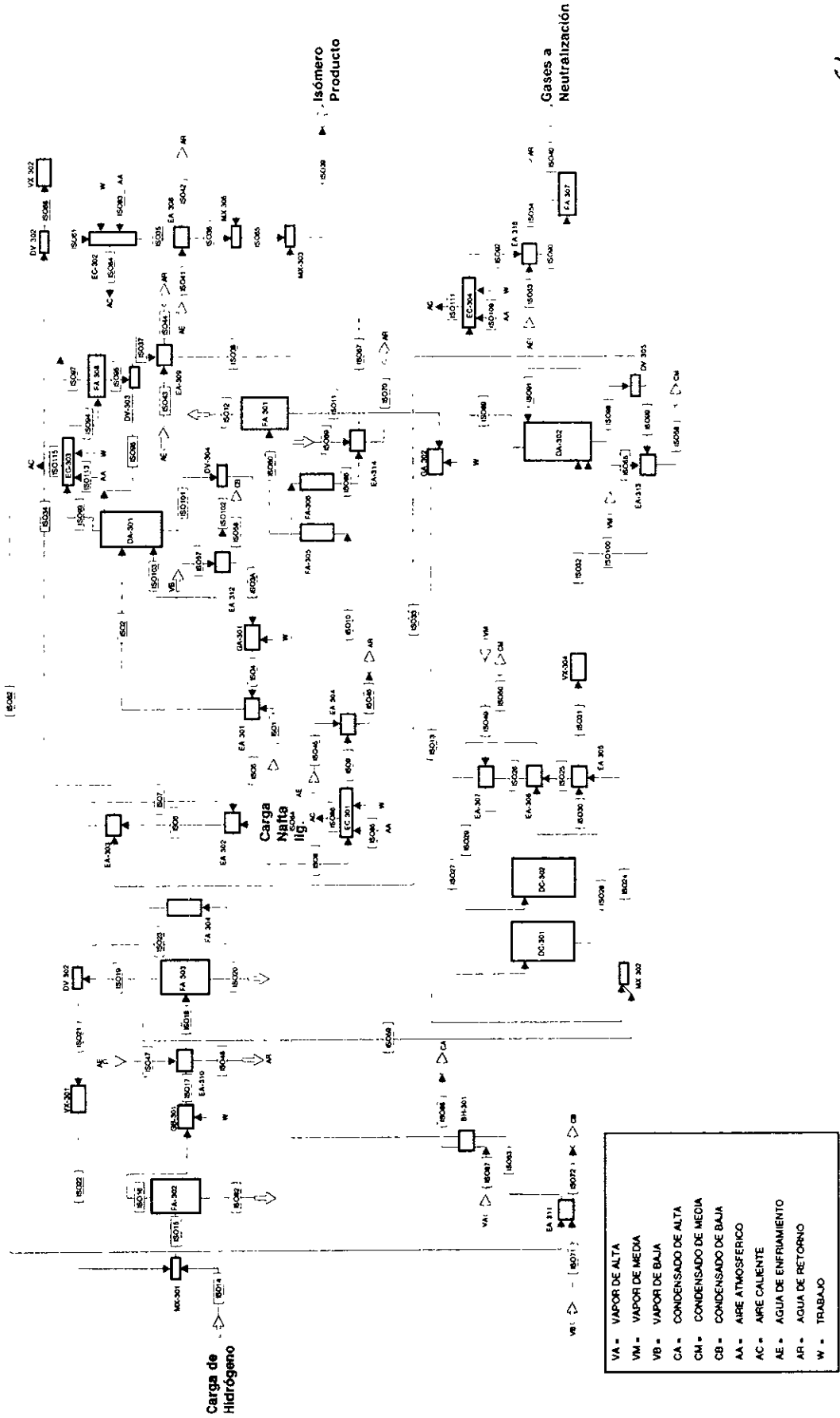


Fig. 4G

Fig. 4 Balance de Materia y Energía por secciones de la Unidad Isomerizadora.

Diagrama 4. Diagrama de Bloques de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos



4. BALANCE DE EXERGIA DEL PROCESO

El cálculo del balance de exergia se realizó en base a los datos de la simulación de la Unidad a la secuencia de cálculo del Anexo 1 con apoyo de la infraestructura desarrollada en el Grupo de Exergia del Instituto Mexicano del Petróleo, y al diagrama 4 “Diagrama de bloques de la Unidad Isomerizadora”.

La evaluación exérgica del proceso se realizó con el fin de detectar con detalle las áreas con mayores pérdidas de exergia, así como las de mayor potencial de mejoramiento exérgico.

Primeramente, se analizó la Unidad de manera global es decir, tomando a la Unidad como si fuese un bloque y así detectar de acuerdo a los parámetros calculados que tan bien utiliza la exergia ésta Unidad Isomerizadora. El segundo análisis fue por secciones (7 secciones Ver diag. de secc. -diag 5-11-) con el fin de determinar la o las secciones donde es posible atacar las pérdidas de exergia. El tercer análisis fue el de cada bloque (47 equipos) comprendido en el proceso, esto para poder determinar la factibilidad de atacar las pérdidas de exergia y proponer (si se permite) cambios para mejorar la utilización de la exergia. Por último se analizó por grupo de equipos para poder ver en cual de ellos existen las mayores pérdidas de exergia (PEX) y el mayor potencial de mejoramiento (POT).

4.1 Balance de Exergia Global del Proceso

En la Fig. 5 se muestra el balance de exergia global del proceso de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos, la exergia total de las corrientes de entrada y salida de la Unidad en MWe.

El cálculo del balance de exergia global del proceso está basado en los datos de la tabla 11 y, las corrientes involucradas se pueden ver en la fig 3.

El balance de exergia se define como:

$$\text{La Exergia total a la entrada (Extte)} = \text{La Exergia total a la salida (Extts)} + \text{Irreversibilidades del proceso (Irr)}$$

$$\text{Irr} = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Agua de Enfriamiento} + \text{Aire atmosférico} + \text{Vapor} + \text{Eletricidad}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Agua de retorno} + \text{Aire caliente} + \text{Condensado})$$

ANÁLISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

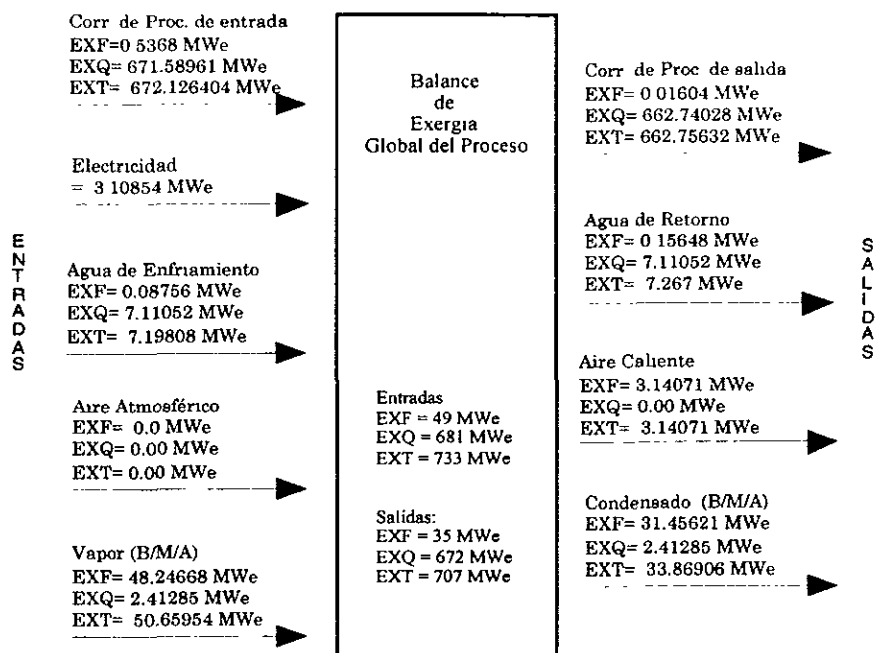


Fig. 5 Balance de Exergia Global del Proceso

Tabla II. Datos de las corrientes de la Unidad Isomerizadora

CORRIENTE	FMASS (kg/s)	H(J/kg)	H(MWe)	Exf (MWe)	Exq (MWe)	Extot(MWe)
ISO1	13.888865	-2332972.83	-32.402345	0.146223	649.628667	649.7749
ISO2	13.888865	-2247942.75	-31.221373	0.184185	649.628667	649.8129
ISO3A	8.496080	-2015151.4	-17.120888	0.254765	391.231725	391.4865
ISO4	8.496080	-2014416.35	-17.114643	0.259637	391.231725	391.4914
ISO5	8.496080	-2153418.26	-18.295614	0.050448	391.231725	391.2822
ISO6	8.496080	-2089511.23	-17.752655	0.128446	391.231725	391.3602
ISO7	8.496080	-2001460.49	-17.004569	0.285951	391.231725	391.5177
ISO8	8.496080	-2065367.52	-17.547528	0.166399	391.231725	391.3981
ISO9	8.496080	-2170073.64	-18.437119	0.036145	391.231725	391.2679
ISO10	8.496080	-2208969.77	-18.767584	0.013930	391.231725	391.2457
ISO11	8.496080	-2208969.75	-18.767584	0.031817	391.231725	391.2635
ISO13	8.496080	-2201764.63	-18.706369	0.056830	391.231725	391.2886
ISO14	0.341955	-2042807.77	-0.698548	0.390574	21.960940	22.3515
ISO15	0.376955	-2042969.94	-0.770107	0.430100	24.208702	24.6388
ISO16	0.376955	-2042969.95	-0.770107	0.429201	24.208702	24.6379
ISO17	0.376955	-1885458.04	-0.710732	0.473965	24.208702	24.6827
ISO18	0.376955	-2044554.42	-0.770704	0.464902	24.208702	24.6736

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	FMASS (kg/s)	H(J/kg)	H(MWe)	Exf (MWe)	Exq (MWe)	Extot(MWe)
ISO19	0.376955	-2044554.42	-0.770704	0.461769	24.208702	24.6705
ISO21	0.035	-2044554.42	-0.071559	0.042875	2.247762	2.2906
ISO22	0.035	-2044554.42	-0.071559	0.039932	2.247762	2.2877
ISO23	0.341955	-2044554.42	-0.699145	0.418894	21.960940	22.3798
ISO24	8.838035	-2195681.97	-19.405514	0.487852	412.963215	413.4511
ISO25	8.838035	-1978129.19	-17.482775	0.658159	412.963215	413.6214
ISO26	8.838035	-1854329.52	-16.388629	0.886559	412.963215	413.8498
ISO27	8.838035	-1708153.34	-15.096719	1.477404	412.963215	414.4406
ISO28	8.838035	-1708153.34	-15.096719	1.614707	404.241338	405.8560
ISO29	8.838035	-1831953.02	-16.190864	0.777443	406.241338	407.0188
ISO30	8.838035	-1831953.02	-16.190864	1.237352	404.241338	405.4787
ISO31	8.838035	-2049505.8	-18.113604	0.577298	404.241338	404.8186
ISO32	8.838035	-2049505.8	-18.113604	0.565915	404.241338	404.8073
ISO33	8.838035	-2032734.01	-17.965374	0.596500	404.241344	404.8378
ISO34	8.838035	-2117377.96	-18.713460	0.382418	404.241344	404.6238
ISO35	8.355813	-2319543.03	-19.381667	0.041207	382.185065	382.2263
ISO36	8.355813	-2359072.85	-19.711971	0.019000	382.185065	382.2041
ISO37	5.392778	-2332378.37	-12.577998	0.047413	258.595465	258.6429
ISO38	5.392778	-2412973.94	-13.012632	0.009699	258.595465	258.6052
ISO39	14.230813	-2379516	-33.862447	0.016039	662.739816	662.7559
ISO40	0		0.000000	0.000000	0.000000	0.0000
ISO41	5.263158	-15836143.2	-83.348122	0.003238	0.262935	0.2662
ISO42	5.263158	-15773385.5	-83.017818	0.018518	0.262935	0.2815
ISO43	11.982456	-15836143.2	-189.755893	0.007372	0.598615	0.6060
ISO44	11.982456	-15799870.6	-189.321258	0.023281	0.598615	0.6219
ISO45	5.649123	-15836143.2	-89.460318	0.003475	0.282217	0.2857
ISO46	5.649123	-15777644.8	-89.129854	0.018255	0.282217	0.3005
ISO47	3.877928	-15836143.2	-61.411430	0.002386	0.193732	0.1961
ISO48	3.877928	-15820678.2	-61.351458	0.004115	0.193732	0.1978
ISO49	5.166667	-12898266.1	-66.641042	5.226325	0.258114	5.4844
ISO50	5.166667	-13148313.3	-67.932953	4.555908	0.258114	4.8140
ISO53	107.268422	-15836143.2	-1698.71809	0.065993	5.358872	5.4249
ISO54	107.268422	-15836003.4	-1698.70310	0.066337	5.358872	5.4252
ISO55	6.912375	-12898266.1	-89.157647	6.992190	0.345326	7.3375
ISO56	6.912375	-12976066.2	-89.695431	6.713439	0.345326	7.0588
ISO57	33.996739	-12898266.1	-438.498992	34.389293	1.698395	36.0877
ISO58	33.996739	-14049266.3	-477.629246	18.699146	1.698395	20.3975
ISO59	0.341955	-2044554.42	-0.69915	0.418894	21.9609	22.379834
ISO60	8.496080	-2208969.77	-18.76758	0.013929	391.2317	391.245653
ISO61	8.355813	-2117377.96	-17.69241	0.361552	382.1851	382.546618
ISO62	0.482222	-2117377.96	-1.02105	0.020065	22.0563	22.076344

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	FMASS (kg/s)	H(J/kg)	H(MWe)	Exf (MWe)	Exq (MWe)	Extot(MWe)
ISO63	0.482222	-1758974.24	-0.84822	0.063806	22.0563	22.120085
ISO64	0.482222	-1379885.73	-0.66541	0.140999	22.0563	22.197278
ISO65	8.838035	-2359100.69	-20.84981	0.010945	404.2413	404.252290
ISO66	0.482222	-1379885.73	-0.66541	0.138748	22.0563	22.195027
ISO67	0.482222	-2359583.18	-1.13784	0.000600	22.0563	22.056879
ISO68	0.482222	-2117377.96	-1.02105	0.020866	22.0563	22.077144
ISO69	8.290000	-15836143.2	-131.28163	0.005100	0.4141	0.419249
ISO70	8.290000	-15779155	-130.80920	0.025972	0.4141	0.440120
ISO71	1.944444	-13150426.2	-25.57027	1.333250	0.0971	1.430390
ISO72	1.944444	-13239310.3	-25.74310	1.268422	0.0971	1.365562
ISO83	87.957385	-237.453636	-0.02089	0.000000	0.0000	0.000000
ISO84	87.957385	19222.2484	1.69074	0.771102	0.0000	0.771102
ISO85	58.638257	-237.453636	-0.01392	0.000000	0.0000	0.000000
ISO86	58.638257	15187.7249	0.89058	0.501023	0.0000	0.501023
ISO87	0.277778	-12865814.9	-3.57384	0.305625	0.0139	0.319502
ISO88	0.277778	-13523912.5	-3.75664	0.219291	0.0139	0.233168
ISO89	1.198979	-2375561.48	-2.84825	0.167503	58.5189	58.686449
ISO90	1.198979	-2700465.71	-3.23780	0.141584	58.5189	58.660530
ISO91	1.198979	-2700465.7	-3.23780	0.141583	58.5189	58.660529
ISO92	1.198979	-2687957.84	-3.22281	0.142302	58.5189	58.661249
ISO93	110.261634	-1991300.73	-219.56407	7.295358	5287.2860	5294.58135
ISO94	110.261634	-2332378.35	-257.17185	0.969421	5287.2860	5288.25542
ISO95	110.261625	-2332378.37	-257.17183	0.969422	5287.2855	5288.25495
ISO96	104.868847	-2332378.37	-244.59383	0.922008	5028.6901	5029.61207
ISO97	0.000010	-2017002.61	-0.00002	0.000001	0.0005	0.000466
ISO98	11.047544	-2032734.01	-22.45672	0.745626	505.3017	506.047305
ISO99	2.209509	-2032734	-4.49134	0.149125	101.0603	101.209461
ISO100	2.209509	-1789339.14	-3.95356	0.317340	101.0603	101.377676
ISO101	137.789692	-2015151.4	-277.66709	5.398944	6345.0084	6350.40731
ISO102	129.293612	-2015151.4	-260.54620	3.969816	5953.7766	5957.74645
ISO103	129.293612	-1712504.96	-221.41595	13.013765	5953.7766	5966.79040
ISO105	87.957385	16.8853963	0.00149	0.016117	0.0000	0.016117
ISO107	58.638257	16.8853963	0.00099	0.010743	0.0000	0.010743
ISO109	27.777778	-237.453636	-0.00660	0.000000	0.0000	0.000000
ISO110	27.777778	-230.742337	-0.00641	0.000144	0.0000	0.000144
ISO111	27.777778	13253.3004	0.36815	0.008204	0.0000	0.008204
ISO113	1213.813512	-237.453636	-0.28822	0.000000	0.0000	0.000000
ISO114	1213.813512	94.2924895	0.11445	0.289837	0.0000	0.289837
ISO115	1213.813512	31077.4503	37.72223	1.860382	0.0000	1.860382

4.2 Balance por Secciones del Proceso

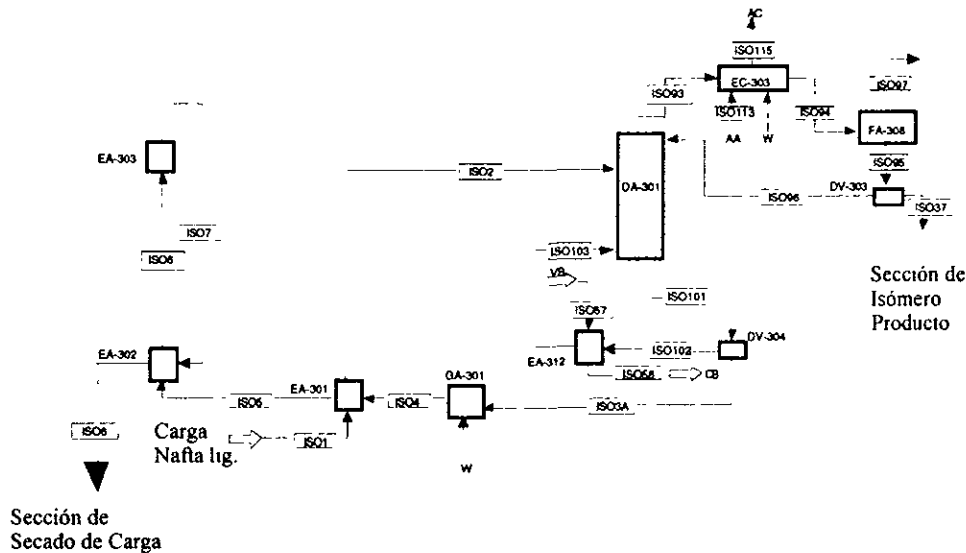
El balance por secciones del proceso de Isomerización se realizó de acuerdo al diagrama de bloques (diagrama 4) dividido en 7 secciones (diag. 5-11), y de acuerdo al balance de exergia global (Ver 4.1).

Sección de Carga de Hidrocarburo

Esta sección cuenta con 10 bloques (Ver diag. 5); uno de ellos, el EA-303 compartido con la Sección de Estabilización. En la Fig. 6 se definen las corrientes que entran y salen del bloque con los valores de Exergia total para cada una de las salidas y entradas de la Unidad.

$$Irr = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Aire atmosférico} + \text{Vapor de baja} + \text{Eletricidad}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Aire caliente} + \text{Condensado de baja})$$

Diag. 5 Diagrama de bloques de la Sección de Carga de Hidrocarburo



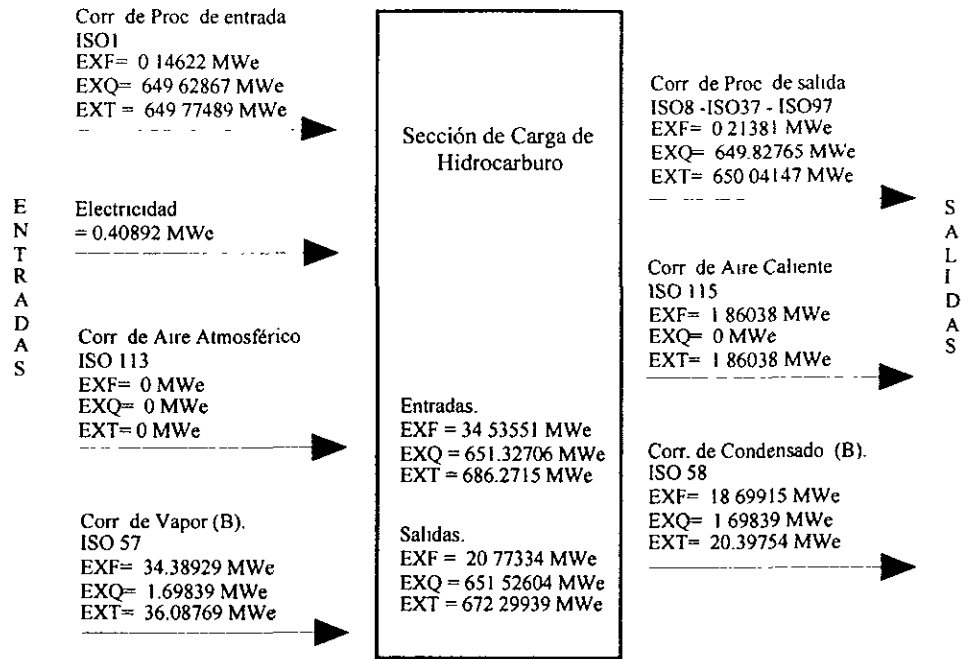
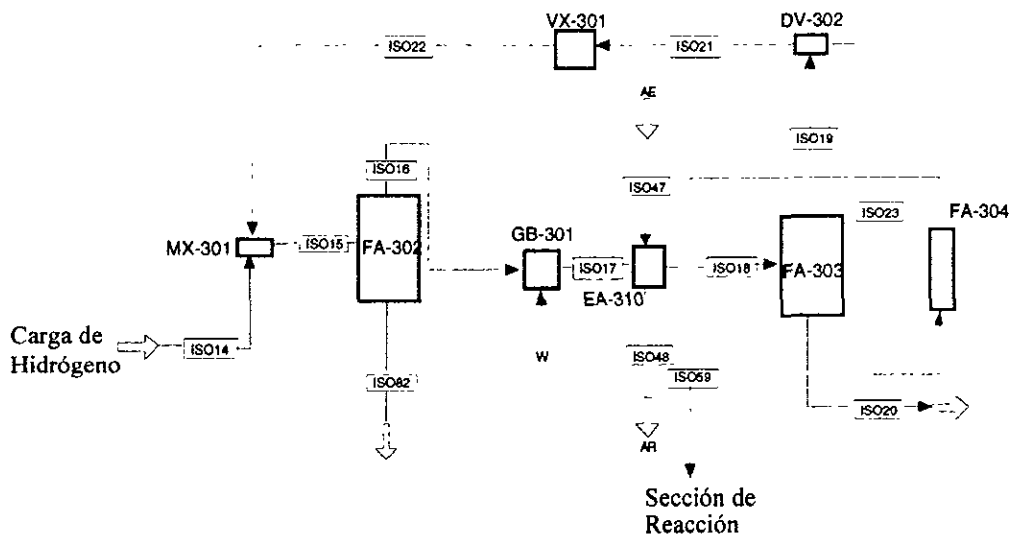


Fig. 6 Corr. entrada y salida de la sección de Carga de Hidrocarburo

Sección de Carga y Secado de Hidrógeno

Diag. 6 Diagrama de bloques de la Sección de Carga y Secado de Hidrógeno



Esta sección cuenta con 8 bloques (Ver diag. 6). En la Fig. 7 se definen las corrientes que entran y salen del bloque con los valores de Exergía total para cada una de las salidas y entradas de la Unidad.

$$Irr = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Agua de Enfriamiento} + \text{Electricidad}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Agua de Retorno})$$

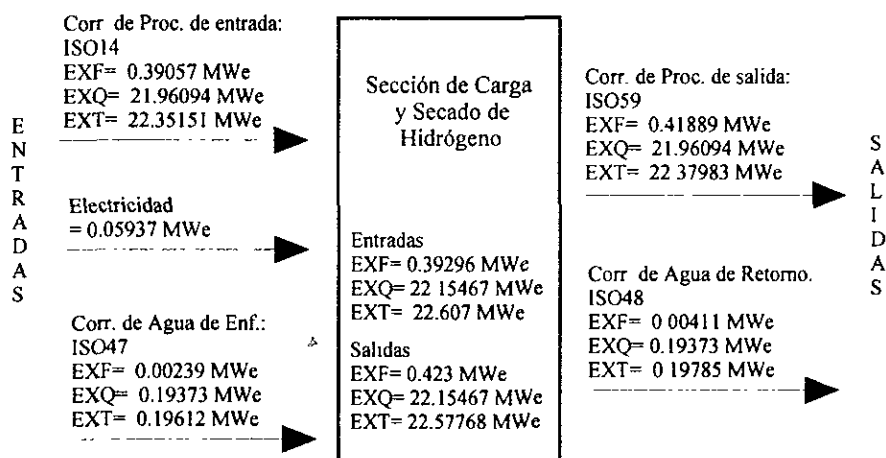


Fig. 7 Corrientes de entrada y salida de la Sección de Carga y Secado de Hidrógeno

Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo

Esta sección cuenta con 5 bloques (Ver diag. 7). En la Fig. 8 se definen las corrientes que entran y salen del bloque con los valores de Exergía total para cada una de las salidas y entradas de la Unidad.

$$Irr = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Agua de Enfriamiento} + \text{Aire atmosférico} + \text{Electricidad}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Agua de Retorno} + \text{Aire Caliente})$$

Diag. 7 Diagrama de bloques de la Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo

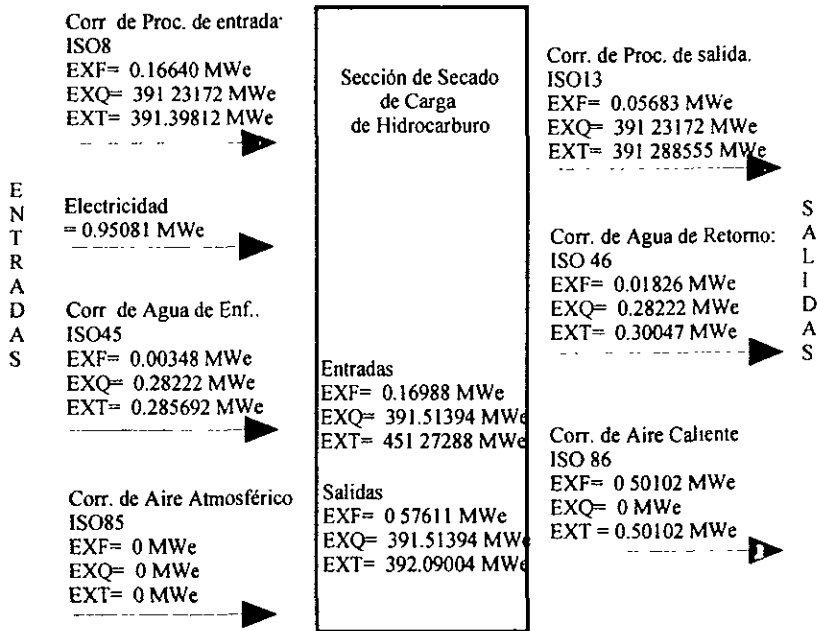
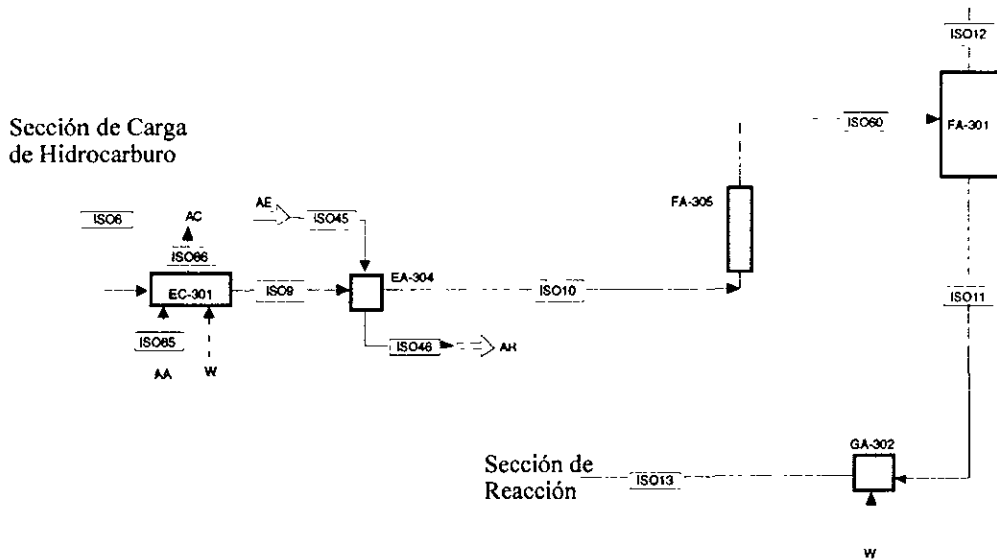


Fig. 8 Corrientes de entrada y salida de la Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo

Sección de Reacción

Esta sección cuenta con 7 bloques (Ver diag. 8). En la Fig. 9 se definen las corrientes que entran y salen del bloque con los valores de Exergia total para cada una de las salidas y entradas de la Unidad.

$$Irr = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Vapor de Media}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Condensado de Media})$$

Diag. 8 Diagrama de bloques de la Sección de Reacción

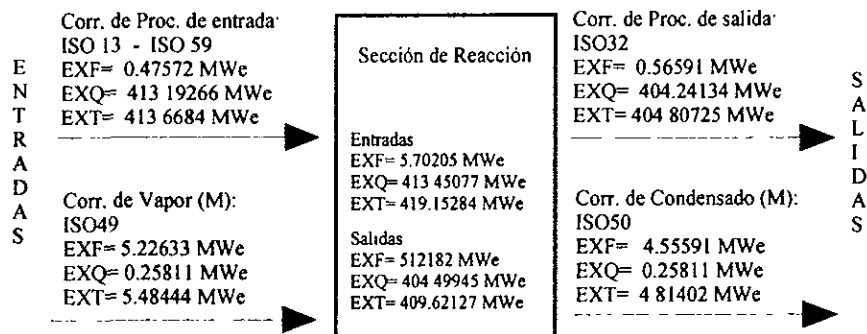
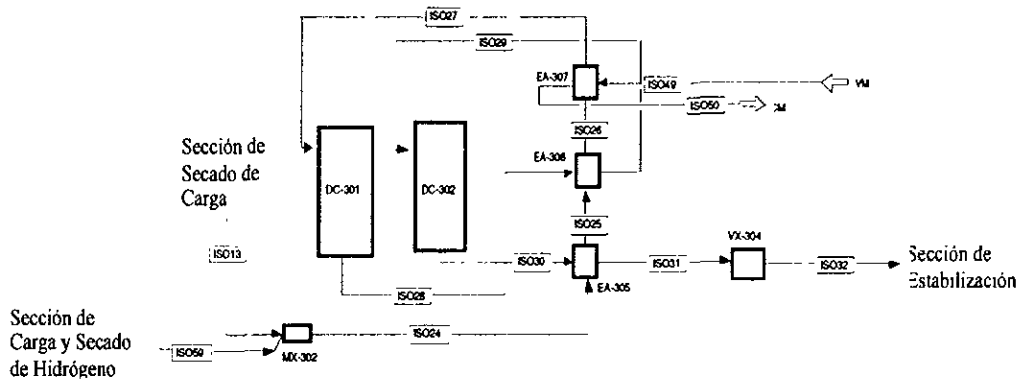


Fig. 9 Corrientes de entrada y salida de la Sección de Reacción

Sección de Estabilización

Esta sección cuenta con 7 bloques (Ver diag. 9) de los cuales el EA-303 está compartido con la Sección de Carga de Hidrocarburo. En la Fig. 10 se definen las corrientes que entran y salen

del bloque con los valores de Exergia total para cada una de las salidas y entradas de la Unidad.

$$Irr = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Agua de Enfriamiento} + \text{Aire Atmosférico} + \text{Vapor de Media} + \text{Electricidad}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Agua de Retorno} + \text{Aire Caliente} + \text{Condensado de Media})$$

Diag. 9 Diagrama de bloques de la Sección de Estabilización

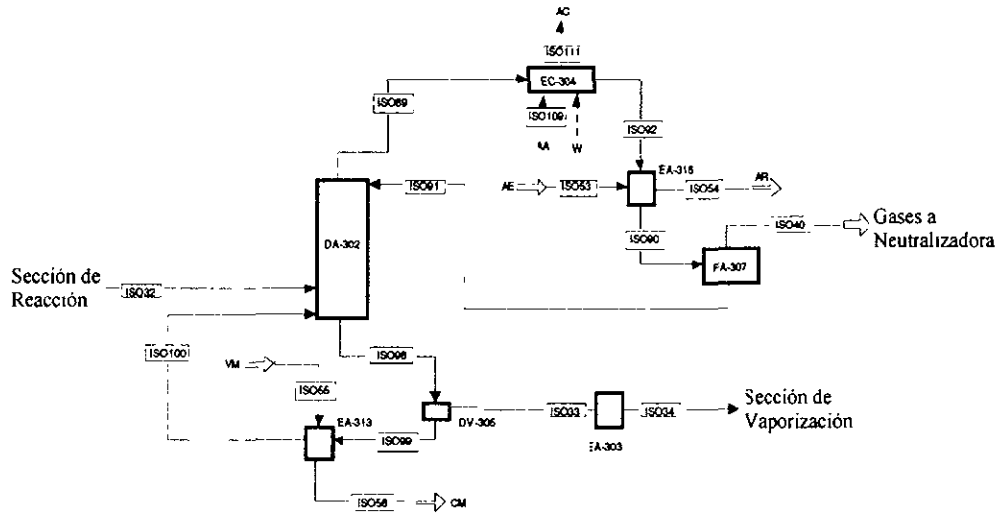
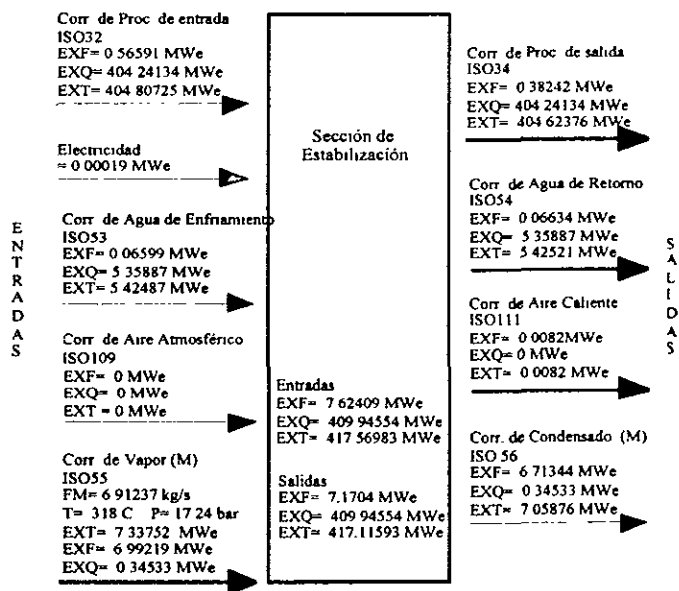


Fig. 10 Corrientes de entrada y salida de la Sección de Estabilización



Sección de Vaporización

Esta sección cuenta con 4 bloques (Ver Fig 10). En la Fig. 11 se definen las corrientes que entran y salen del bloque con los valores de Exergiatotal para cada una de las salidas y entradas de la Unidad.

$Irr = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Agua de Enfriamiento} + \text{Vapor de Baja} + \text{Vapor de Alta}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Agua de Retorno} + \text{Condensado de Baja} + \text{Condensado de Alta})$.

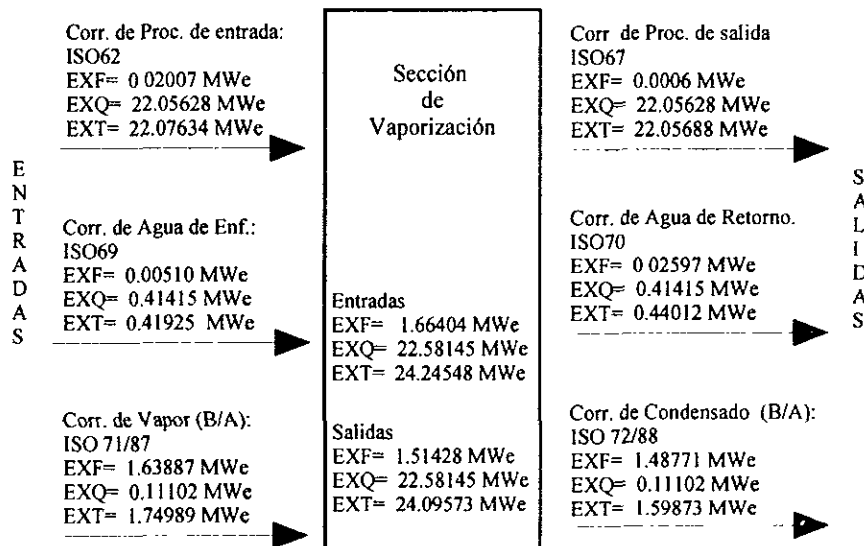
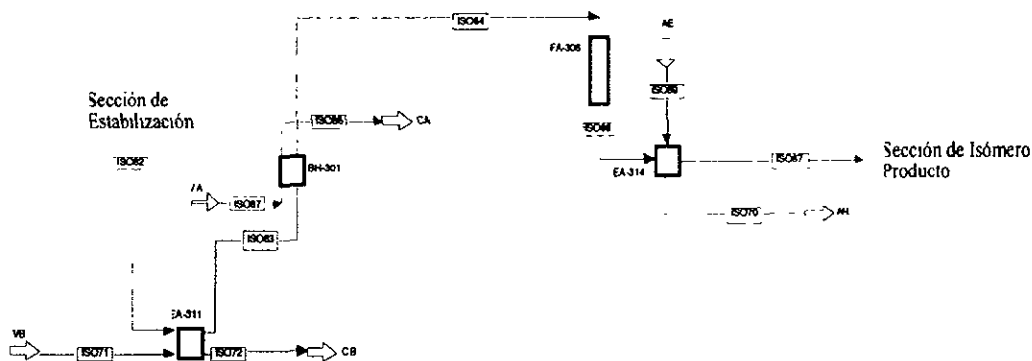


Fig. 11 Corrientes de entrada y salida de la Sección de Vaporización

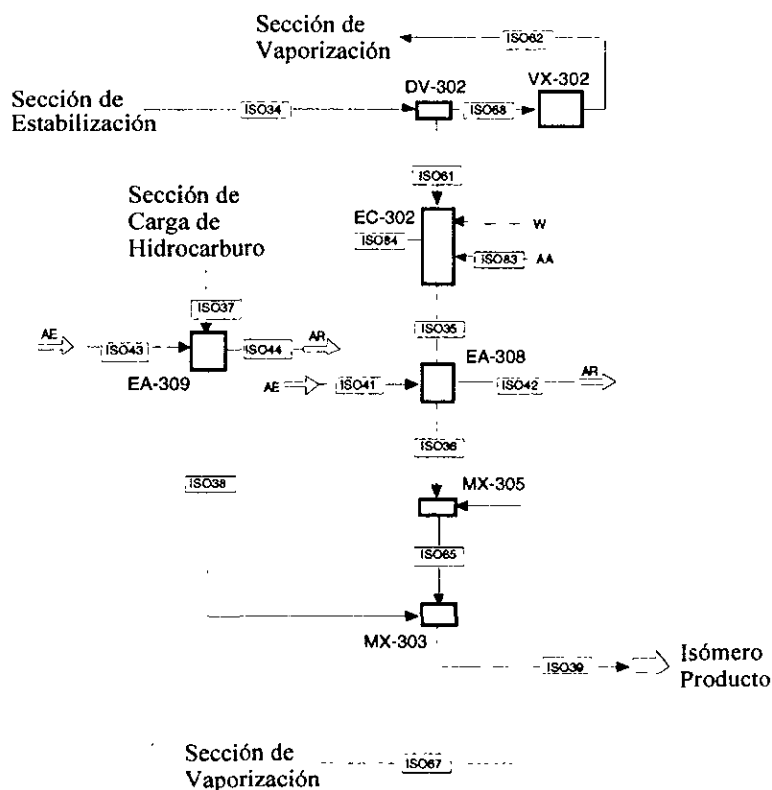
Diag 10 Diagrama de bloques de la Sección de Vaporización



Sección de Isómero Producto

Esta sección cuenta con 7 bloques (Ver diag. 11). En la fig. 12 se definen las corrientes que entran y salen del bloque con los valores de Exergia total para cada una de las salidas y entradas de la Unidad.

diag. 11 Diagrama de bloques de la Sección de Isómero Producto



$$Irr = (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Agua de Enfriamiento} + \text{Aire Atmosférico} + \text{Eletricidad}) - (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Agua de Retorno} + \text{Aire Caliente})$$

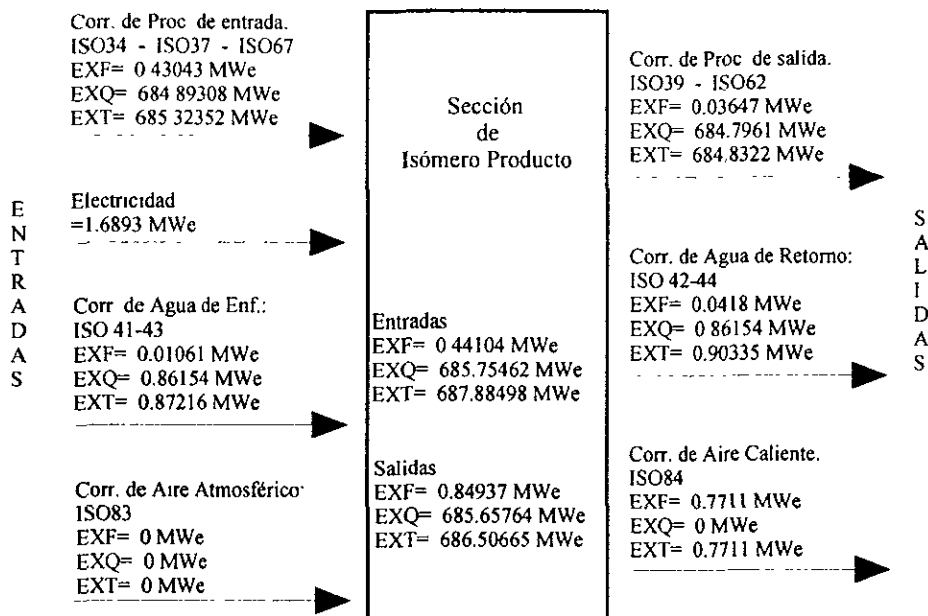


Fig. 12 Corrientes de entrada y salida de la Sección de Isómero Producto

4.3 Balance por Equipos del Proceso

Se realizó un balance de cada uno de los 47 equipos que conforman la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos, siguiendo la misma base del balance de exergía global, los resultados se pueden observar en la tabla 14. La secuencia de cálculo se puede ver en el Anexo 1.

Balance de exergía:

$$\text{Exergía total a la entrada (Extte)} = \text{Exergía total a la salida (Extts)} - \text{Irreversibilidades (Irr)}$$

4.4 Cálculo de Parámetros Exérgicos

Global

Para el cálculo de los parámetros de la tabla 12 se utilizaron los conceptos descritos en el Capítulo 1, 3.4 Parámetro exérgicos para sistemas abiertos y, solo para algunos de los parámetros se utilizó lo siguiente:

$$\eta = (\text{Corr. de proceso de salida} + \text{Agua de retorno} + \text{Aire caliente} + \text{Condensado}) / (\text{Corr. de proceso de entrada} + \text{Agua de Enfriamiento} + \text{Aire atmosférico} + \text{Vapor} + \text{Electricidad})$$

$$\epsilon = ((\text{Agua de retorno} - \text{Agua de enfriamiento}) + (\text{Aire caliente} - \text{Aire Atmosférico})) / ((\text{Corr. proceso de entrada} - \text{Corr. proceso de salida}) + (\text{Vapor} - \text{Condensado}) + \text{Electricidad})$$

$$E_{fl} = (\text{Agua de retorno} - \text{Agua de Enfriamiento}) + \text{Aire caliente}$$

$$Pot = Irr (1 - \epsilon) + E_{fl}$$

$$P_{ex} = Irr + E_{fl}$$

$$Ex_{uts} = \sum Ex \text{ corrientes de Proceso a la Salida.}$$

Tabla 12. Cálculo de parámetros exérgicos de la Unidad Isomerizadora.

Parámetro	Extot	Exfis
Extte (MWe)	733.0926	51.9796
Extts (MWe)	707.0331	34.7694
Exnts (MWe)	29.2691	20.4198
Exntp (MWe)	3.2096	3.2096
Exuts (MWe)	703.8235	48.7700
Irr (MWe)	26.0595	17.2102
Eficiencia (η)	0.9645	0.6689
Efectividad (ϵ)	0.1097	0.1572
Pot (MWe)	26.4114	17.7146
Efl (MWe)	3.2096	3.2096
Pex (MWe)	29.2691	20.4198

Secciones

Para el cálculo de los parámetros de la tabla 13 se utilizaron las bases del balance de exergia global.

Carga de Hidrocarburo

En la tabla 13 se muestran los valores de los parámetros exérgicos de la sección en donde:

$$\varepsilon = ((\text{Corr. proceso de salida} - \text{Corr. proceso de entrada}) + \text{Aire caliente}) / ((\text{Vapor} - \text{Condensado}) + \text{Electricidad})$$

Carga y Secado de Hidrógeno

En la tabla 13 se muestran los valores de los parámetros exérgicos de la sección en donde:

$$\varepsilon = ((\text{Corr. proceso de salida} - \text{Corr. proceso de entrada}) + (\text{Agua de Retorno} - \text{Agua de Enfriamiento})) / (\text{Electricidad})$$

Secado de Carga de Hidrocarburo

En la tabla 13 se muestran los valores de los parámetros exérgicos de la sección en donde:

$$\varepsilon = ((\text{Agua de Retorno} - \text{Agua de Enfriamiento}) + \text{Aire Caliente}) / ((\text{Corr. proceso de entrada} - \text{Corr. proceso de salida}) + \text{Electricidad})$$

Reacción

En la tabla 13 se muestran los valores de los parámetros exérgicos de la sección en donde:

$$\varepsilon = (\text{Ex. física de corr. proceso de salida} - \text{Ex. física de corr. proceso de entrada}) / ((\text{Ex. química de corr. proceso de entrada} - \text{Ex. química de corr. proceso de salida}) + (\text{Vapor} - \text{Condensado}))$$

Estabilización

En la tabla 13 se muestran los valores de los parámetros exérgicos de la sección en donde:

$$\varepsilon = ((\text{Agua de Retorno} - \text{Agua de Enfriamiento}) + \text{Aire Caliente}) / ((\text{Corr. proceso de entrada} - \text{Corr. proceso de salida}) + (\text{Vapor} - \text{Condensado}) + \text{Electricidad})$$

Vaporización

En la tabla 13 se muestran los valores de los parámetros exérgicos de la sección en donde:

$$\varepsilon = ((\text{Agua de Retorno} - \text{Agua de Enfriamiento}) / ((\text{Corr. proceso de entrada} - \text{Corr. proceso de salida}) + (\text{Vapor} - \text{Condensado})))$$

Isómero Producto

En la tabla 13 se muestran los valores de los parámetros exérgicos de la sección en donde:

$$\varepsilon = ((\text{Agua de Retorno} - \text{Agua de Enfriamiento}) + \text{Aire Caliente}) / ((\text{Corr. proceso de entrada} - \text{Corr. proceso de salida}) + \text{Electricidad})$$

Tabla 13. Parámetros exérgicos de las Secciones de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos

Parámetro	Extte MWe	Extts MWe	Exnts MWe	Exntp MWe	Exuts MWe	Irr MWe	Efl MWe	Pex MWe	Pot MWe	η	ε
SECCION											
Carga Sec. H ₂	22.61	22.578	0.06	0.03	22.58	0.029	0.002	0.031	0.016	0.935	0.51
Carga de HC	686.3	672.3	16.1	2.13	670.4	13.97	1.860	15.83	13.99	0.613	0.13
Secado de HC	392.6	392.09	1.06	0.52	391.6	0.545	0.516	1.060	0.796	0.514	0.49
Reacción	419.2	409.62	9.62	0.09	409.6	9.532	0	9.532	9.442	0.898	0.01
Estabilización	417.6	417.12	0.46	0.01	417.1	0.454	0.009	0.462	0.454	0.941	0.02
Vaporización	24.25	24.096	0.17	0.02	24.08	0.150	0.021	0.171	0.152	0.910	0.12
Isómero Pto.	687.9	686.51	2.18	0.80	685.7	1.378	0.802	2.181	1.674	0.399	0.37
Σ						26.06	3.21	29.27	26.52		

Equipos

La secuencia de cálculo de los parámetros exérgicos por equipo se puede ver en el Anexo 1. Los parámetros exérgicos de cada equipo son los de la tabla 14.

Tabla 14. Parámetros exérgicos de los equipos de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos

EQUIPO		Extte MWe	Extts MWe	Exnts MWe	Exntp MWe	Irr MWe	Efl MWe	Exuts MWe	Pex MWe	Pot MWe	η	ε
ID	MOD											
EA-301	HEATX	1041.267	1041.095	0.209	0.038	0.171	0.000	1041.1	0.171	0.140	0.578	0.1815
EA-302	HEATX	782.7998	782.7583	0.119	0.078	0.042	0.000	782.76	0.042	0.014	0.877	0.6524
EA-303	HEATX	796.1980	796.1414	0.214	0.158	0.057	0.000	796.14	0.057	0.015	0.922	0.7357
EA-303/F	HEATX	391.5469	391.5177	0.187	0.158	0.029	0.000	391.52	0.029	0.005	0.907	0.8434
EA-303/C	HEATX	404.8378	404.8105	0.214	0.187	0.027	0.000	404.81	0.027	0.004	0.954	0.8723
EA-304	HEATX	391.5536	391.5461	0.022	0.015	0.007	0.015	391.53	0.022	0.017	0.812	0.665
EA-305	HEATX	818.9298	818.4400	0.660	0.170	0.490	0.000	818.44	0.490	0.363	0.716	0.2580
EA-306	HEATX	821.4774	820.8686	0.837	0.228	0.609	0.000	820.87	0.609	0.443	0.732	0.2728
EA-307	HEATX	419.3342	419.2546	0.670	0.591	0.080	0.000	419.25	0.080	0.009	0.987	0.8813
EA-308	HEATX	382.4924	382.4855	0.022	0.015	0.007	0.015	382.47	0.022	0.017	0.844	0.6881

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

EQUIPO		Extte	Extts	Exnts	Exntp	Irr	Efl	Exuts	Pex	Pot	η	ϵ
ID	MOD	MWe	MWe	MWe	MWe	MWe	MWe	MWe	MWe	MWe		
EA-309	HEATX	259.2489	259.2271	0.038	0.016	0.022	0.016	259.21	0.038	0.029	0.602	0.4218
EA-310	HEATX	24.8788	24.8715	0.009	0.002	0.007	0.002	24.87	0.009	0.008	0.985	0.1908
EA-311	HEATX	23.5067	23.4856	0.065	0.044	0.021	0.000	23.486	0.021	0.007	0.984	0.6747
EA-312	HEATX	5993.834	5987.188	15.69	9.044	6.646	0.000	5987.2	6.646	2.815	0.827	0.5764
EA-313	HEATX	108.5470	108.4364	0.279	0.168	0.111	0.000	108.44	0.111	0.044	0.985	0.6035
EA-314	HEATX	22.6143	22.4970	0.138	0.021	0.117	0.021	22.476	0.138	0.120	0.185	0.1511
EA-316	HEATX	64.0861	64.0857	0.001	.0003	.0004	.0003	64.085	0.001	0.001	0.998	0.4789
BH-301	HEATX	22.4396	22.4304	0.086	0.077	0.009	0.000	22.430	0.009	0.001	0.975	0.8941
EC-301	SOLOAIRE	392.2877	391.7689	1.02	0.501	0.519	0.501	391.27	1.02	0.765	0.509	0.4913
EC-302	SOLOAIRE	384.2359	382.9974	2.01	0.771	1.239	0.771	382.23	2.01	1.534	0.396	0.3837
EC-303	SOLOAIRE	5294.984	5290.116	6.729	1.860	4.868	1.860	5288.3	6.729	5.383	0.368	0.2765
EC-304	SOLOAIRE	58.6866	58.6695	0.025	0.008	0.017	0.008	58.661	0.025	0.02	0.898	0.3232
GA-301	PUMP	391.4927	391.4914	0.006	0.005	0.001	0.000	391.49	0.001	0.000	0.995	0.7801
GA-302	PUMP	391.3248	391.2886	0.061	0.025	0.036	0.000	391.29	0.036	0.021	0.611	0.4086
GB-301	COMPR	24.6973	24.6827	0.059	0.045	0.015	0.000	24.683	0.015	0.004	0.970	0.754
DV-301	FSPLIT	24.6705	24.6705	0.000	0.000	0.000	0.000	24.671	0.000	0.000	1.000	1.000
DV-302	FSPLIT	404.6238	404.6238	0.000	0.000	0.000	0.000	404.62	0.000	0.000	1.000	1.000
DV-303	FSPLIT	5288.255	5288.255	0.000	0.000	0.000	0.000	5288.3	0.000	0.000	1.000	1.000
DV-304	FSPLIT	6350.407	6349.233	0.000	0.000	1.174	0.000	6349.2	1.174	0.000	0.999	1.000
DV-305	FSPLIT	506.0473	506.0473	0.000	0.000	0.000	0.000	506.05	0.000	0.000	1.000	1.000
MX-301	MIXER	24.6392	24.6388	.0004	0.000	.0004	0.000	24.639	.0004	.0004	0.999	0.0055
DV-303	FSPLIT	5288.255	5288.255	0.000	0.000	0.000	0.000	5288.3	0.000	0.000	1.000	1.000
DV-304	FSPLIT	6350.407	6349.233	0.000	0.000	1.174	0.000	6349.2	1.174	0.000	0.999	1.000
DV-305	FSPLIT	506.0473	506.0473	0.000	0.000	0.000	0.000	506.05	0.000	0.000	1.000	1.000
MX-301	MIXER	24.6392	24.6388	.0004	0.000	.0004	0.000	24.639	.0004	.0004	0.999	0.0055
MX-302	MIXER	413.6684	413.4511	6.383	6.166	0.217	0.000	413.45	0.217	0.007	0.999	0.9659
MX-303	MIXER	662.8575	662.7559	7.453	7.352	0.102	0.000	662.76	0.102	0.001	0.777	0.9864
MX-305	MIXER	404.2609	404.2523	0.009	0.000	0.009	0.000	404.25	0.009	0.009	0.558	0.000
VX-301	VALVE	2.2906	2.2877	0.003	0.000	0.003	0.000	2.2877	0.003	0.003	0.931	0.000
VX-302	VALVE	22.0771	22.0763	0.001	0.000	0.001	0.000	22.076	0.001	0.001	0.962	0.000
VX-304	VALVE	404.8186	404.8073	0.011	0.000	0.011	0.000	404.81	0.011	0.011	0.980	0.000
FA-301	FLASH2	391.2457	391.2635	0.000	0.000	0.000	0.000	391.26	0.000	0.000	1.000	1.000
FA-302	FLASH2	24.6388	24.6379	0.000	0.000	0.001	0.000	24.638	0.001	0.000	0.998	1.000
FA-303	FLASH2	24.6736	24.6705	0.000	0.000	0.003	0.000	24.671	0.003	0.000	0.993	1.000
FA-304	ADDS	22.3798	22.3798	0.000	0.000	0.000	0.000	22.38	0.000	0.000	1.000	1.000
FA-305	ADDS	391.2457	391.2457	0.000	0.000	0.000	0.000	391.25	0.000	0.000	0.999	1.000
FA-306	ADDS	22.1973	22.1950	0.000	0.000	0.002	0.000	22.19	0.002	0.000	0.984	1.000
FA-307	DEC	58.6605	58.6605	0.000	0.000	0.000	0.000	58.66	0.000	0.000	1.000	1.000
FA-308	DEC	5288.255	5288.255	0.000	0.000	0.000	0.000	5288.3	0.000	0.000	1.000	1.000
DC-301	REACTOR	414.4406	407.8560	6.722	0.137	6.585	0.000	407.86	6.585	6.450		0.0204
DC-302	REACTOR	407.0188	405.4787	2.000	0.459	1.540	0.000	405.48	1.540	1.186		0.2299
DA-301	RADFRAC	11646.21	11644.99	11.75	10.29	-1.227	0.000	11645	1.227	0.176	0.899	0.8764
DA-302	RADFRAC	564.8455	564.7338	0.234	0.147	0.112	0.000	564.73	0.112	0.041	0.891	0.6304
Σ						26.13	3.209		29.34	19.67		

En la tabla 15 se muestran algunos de los parámetros para cada uno de los grupos de equipos de la Unidad, algunos de estos datos están basados en los parámetros de la tabla 14. En el anexo 1 se encuentra la secuencia de cálculo para algunos de los parámetros de los equipos agrupados por grupo.

Tabla 15. Parámetros Exérgicos por Grupo de Equipos de la Unidad Isomerizadora

EQUIPO	ϵ	IRR MWe	EFL MWe	PEX MWe	POT MWe
Interc.calor	0.55953	8.39566	0.06891	8.46457	3.76695
Solo aire	0.32102	6.64274	3.14071	9.78345	7.65098
Bomba y compresor	0.58855	0.05219	0.00000	0.05219	0.02147
Divisor	1.00000	1.17436	0.00000	1.17436	0.00000
Mezclador	0.97631	0.32798	0.00000	0.32798	0.00777
Válvula	0.00000	0.01513	0.00000	0.01513	0.01513
Separador	1.00000	0.00628	0.00000	0.00628	0.00000
Reactor	0.06847	8.12466	0.00000	8.12466	7.56835
Columna	0.87162	1.33836	0.00000	1.33836	0.17182
Σ		26.07736	3.20962	29.28698	

4.5 Diagrama de Exergia Específica

El diagrama de exergia específica de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos, se puede observar en el diagrama 12.

4.6 Diagrama de Grassmann

El diagrama de Grassmann de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos realizado con exergias físicas es el diagrama 13 y, el realizado con exergia totales el diagrama 14.

Diagrama 12. Exergia Especifica Total de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos

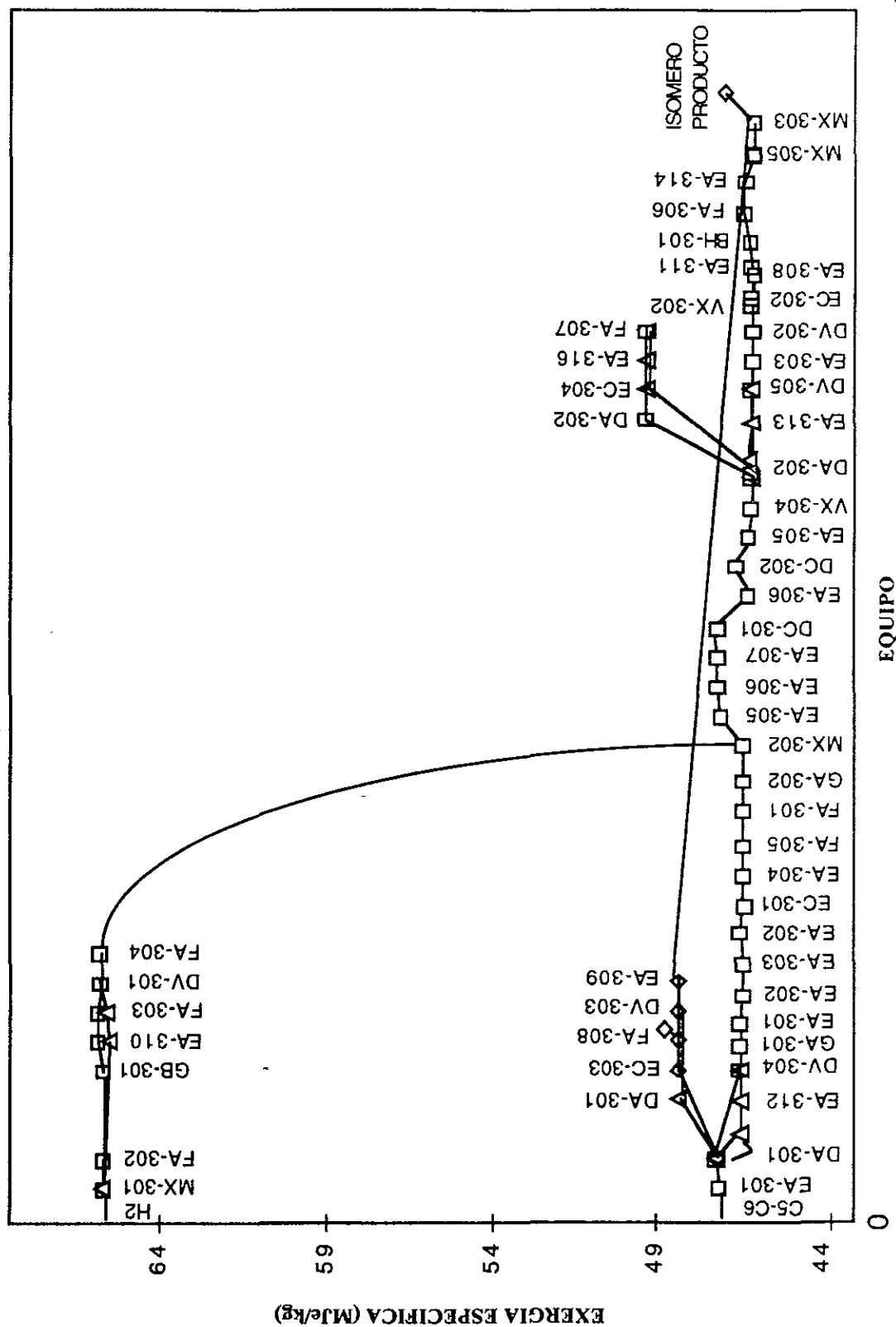


Diagrama 13. Diagrama de Grassmann (Exergias Físicas) de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos

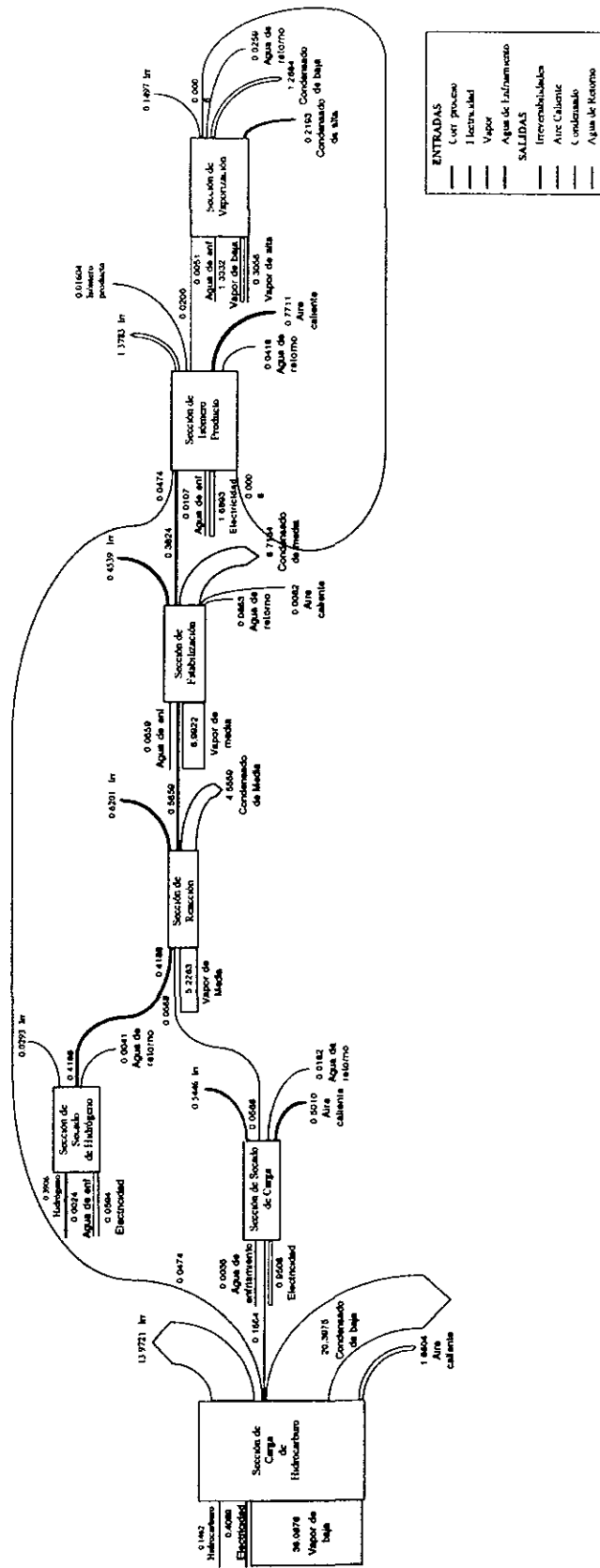
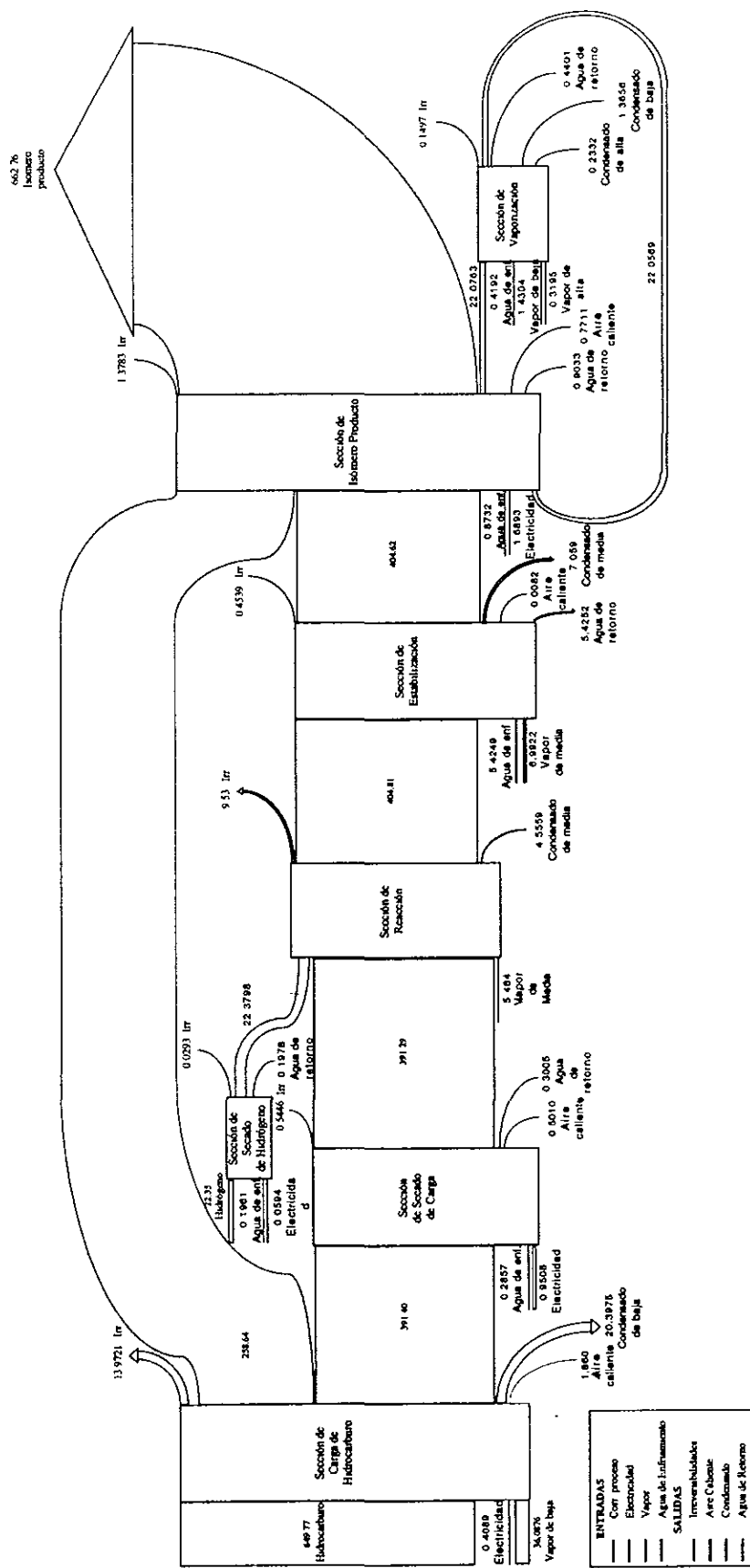


Diagrama 14. Diagrama de Grassmann (Exergias totales) de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos



CAPITULO 3

ANALISIS DEL POOL DE GASOLINAS

En este capítulo se presenta la caracterización, simulación y cálculo de exergia de las corrientes que intervienen en la Reformulación de las Gasolinas.

1. DESCRIPCION DEL POOL DE GASOLINA

El Pool es la parte final de la preparación de las gasolinas, es a donde llegan todas las corrientes de las Plantas de una Refinería que van a formar parte de la reformulación (Ver diag. 1).

Actualmente en el Sistema de Pemex Refinación se preparan dos tipos de gasolinas: la Pemex Magna (ver diag. 15) y la Pemex Premium (ver diag. 16), a cada una de las cuales se les asignan ciertas corrientes de gasolina al pool para poder cumplir con las especificaciones.

En este trabajo se consideraron las siguientes corrientes, todas en base a la Refinería de Cadereyta, N.L.

- Gasolina Catalítica (CAT-FCC)
- MTBE
- TAME
- Alquilado
- Gasolina Primaria (Nafta Virgen)
- Gasolina Isomerizada
- Gasolina Reformada

Diagrama 15. Pool de Gasolinas PEMEX-MAGNA

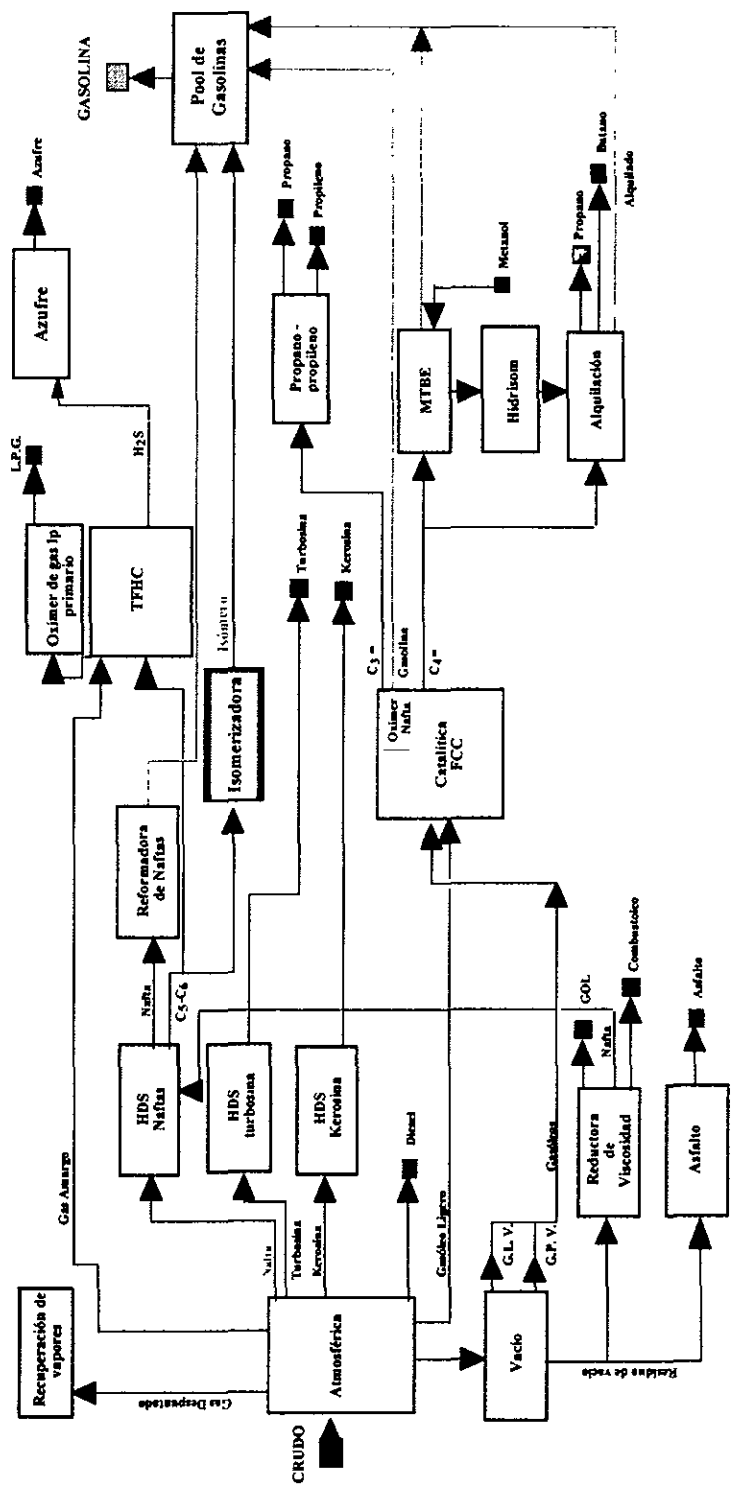
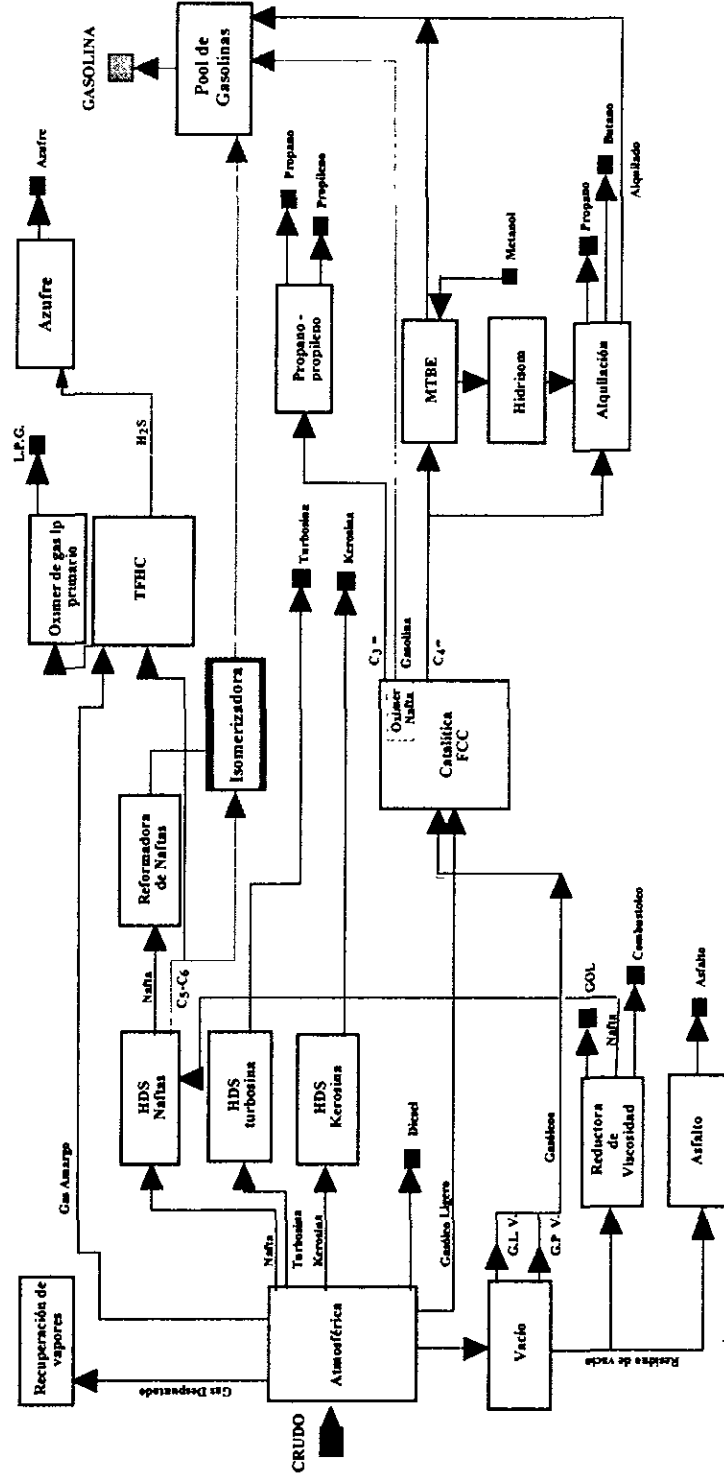


Diagrama 16. Pool de Gasolinas PEMEX-PREMIUM



2. CARACTERIZACION

La Caracterización de las corrientes (Ver tabla 16) que intervienen en la Reformulación de la Gasolina producto de la simulación en el simulador de procesos ASPEN PLUS, se realizó en base al esquema de Refinación de la Refinería Hector Lara Sosa ubicada en Cadereyta, N.L., bajo el marco del proyecto EOA-7442 IMP-PEMEX, con la infraestructura del Grupo de Exergia del Instituto Mexicano del Petróleo.

Tabla 16. Caracterización de las corrientes que conforman el Pool de Gasolina.

CARACTERIZACION	GAS. CATALITICA	MTBE	TAME	ALQ.	GAS. PRIM.	GAS. ISOM.	GAS. REFORMADA
APISTD	63.9	60.5	58.4		59.804		59.8
MW	93.544	88.156	88.163		101.392	76.558	107.445
GRAV.ESP.				0.7		0.646	
CURVA							
D86 T °C							
5 %	41.932				55.729	27.637	100.072
10	62.347				63.525	31.540	101.200
15						34.223	
20						36.057	104.599
30	85.922				99.506	41.004	116.156
40						41.681	119.710
50	103.817				119.444		130.496
60						51.839	144.807
70	124.370				141.284	59.186	158.406
80						60.407	173.275
90	150.261				163.054	65.532	188.305
95					175.113	69.633	198.351
CURVA							
TBPLV °C							
0 %		31.16	31.16				
5		36.41	36.41	51			
10		37.70	37.70	83.25			
30		49.25	49.25				
50		73.50	73.50	103			
70		85.40	85.70				
90		95.40	95.40	129			
95		97.80	97.80	182			
ROC-NO	91	116	106	94	55	108	93
MOC-NO	80	100	99	92	50	92	84
AROMATICOS	0.26			0	0.08	0	0.6
OLEFINAS	0.45			0	0	0	0
PVR	0.476	0.5	0.136	0.340	0.544	1.2	0.476
AZUFRE	0.0007				0.0008		0
CURVA							
ROC-NO							
0 %		0	0			0	
25		0	0			0	
30	96.658			108.219	108.219		

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CARACTERIZACION	GAS. CATALITICA	MTBE	TAME	ALKILADO	GAS. PRIM.	GAS. ISOM.	GAS. REFORMADA
CURVA ROC-NO							
50	86.702		0	99.345	99.345		96.658
70	76.831	110.12	100	91.368	91.369		86.702
90	74.090	108.08	90	84.346	84.346		76.832
95				81.6365		110.123	74.090
100					76.746	108.077	
CURVA MOC-NO							
0 %		0	0			0	
5	94.796			95.461		0	
10	89.698			94.797			
25		0	0				
30	84.470			89.698	94.070		89.698
50	75.602			84.470	86.729		84.470
70		95.614	103	75.602	79.880		75.602
90		93.952	95.61	67.453	73.191		67.452
95						95.614	
100						93.952	
CURVA AROM.							
0 %					0	0	
25					0	0	
30	0.139					0.52	0.186
50	0.218				0	0.57	0.241
70	0.283					0.63	0.321
75	0.338						
90						0.70	0.383
CURVA OLEFINAS							
0 %					0	0	0
10	0.980						
25					0	0	0
30	0.797						
50	0.622				0	0	0
70	0.368						
75					0	0	0
CURVA PVR							
0 %			0			0	
5	0.921	0.82		0.921	0.921		0.921
10	0.889	0.789		0.889	0.888		0.889
30	0.673	0.57		0.673	0.673		0.673
50	0.366	0.265	0	0.366	0.366	0	0.366
90			0.35				
95			0.2			0.928	
100						0.848	
CURVA AZUFRE							
0 %							0
25							0
30	1.01447E-07				1.0E-07		
50	1.22737E-07				1.2E-07		0
70	5.757E-07				5.8E-07		
75							0
90	8.59037E-07				8.6E-07		
95					1.0E-06		
100					0.00000		
					15		

3. ANALISIS DEL MEZCLADO DE GASOLINAS

El mezclado de las corrientes para preparar una gasolina reformulada que cumpliera con las especificaciones vigentes (Ver tabla 1) se realizó en el simulador de procesos ASPEN PLUS (Ver figura 13).

3.1 Simulación del Pool de Gasolina

Ya caracterizadas las diferentes corrientes que componen el Pool de Gasolina (Ver tabla 13), se introducen los datos de las mismas para poder así conformar el INPUT del mezclado (blending) por medio de ASSAY, con todas las corrientes a la Temperatura de 25 °C y Presión de 1 bar.

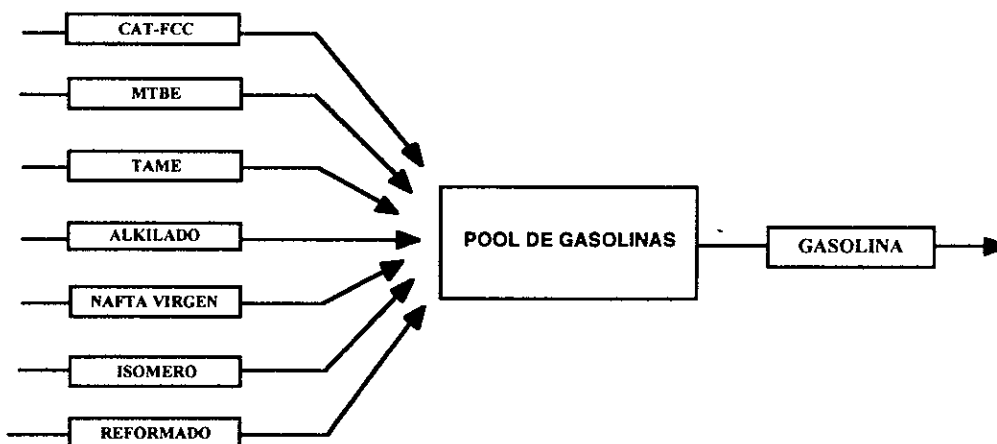


Fig. 13 Conformación del Pool de Gasolinas para la simulación (blending).

Se dieron diferentes datos en bbl/día (total de 100,000 bbl/día) de las corrientes hasta dar con las formulaciones que cumplieran con las especificaciones (tomando como base el punto 6. Reformulación de Gasolinas) y la tabla 17, en donde se muestran solo las especificaciones más importantes para la preparación de las gasolinas Pemex Magna y Pemex Premium.

En lo que respecta al rango que hay en los aromáticos y en la PVR, se debe a que estas varían de acuerdo al lugar donde va destinada su venta y a los meses del año en que se prepare.

Tabla 17. Especificaciones utilizadas en la simulación del Pool.

ESPECIFICACION	PEMEX MAGNA	PEMEX PREMIUM
RON	Reportar	Reportar
MON	Mín. 82	Reportar
MIN. DON	87	92-93
MAX. AZUFRE (%W)	0.05	0.05
MAX. AROMATICOS (%V)	32-30	25
MAX. OLEFINAS (%V)	15-10	15-10
PVR (lb/pulg ²)	6.5-8.5	6.5-8.5

Tabla 18 A1. Datos de la variación de las corrientes en por ciento (% v) utilizados en la simulación del Pool, para la gasolina PEMEX-MAGNA basados en la corrida 1.

CORRIENTE	CORRIDA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CAT-FCC	34	33.6	33.2	32.8	32.4	30.8	34.4	34.8	35.2	35.6	36.9
MTBE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NAFTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOMERO	17	18	19	20	21	25	16	15	14	13	10
ALQUILADO	11	10.8	10.7	10.5	10.3	9.7	11.2	11.3	11.5	11.6	12
REFORMADO	38	37.6	37.1	36.7	36.3	34.5	38.4	38.9	39.3	39.8	41.1

Tabla 18 A2. Datos de las corrientes en por ciento (%v) utilizados en la simulación del Pool, para la gasolina PEMEX-MAGNA basados en la corrida 12.

CORRIENTE	CORRIDA										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
CAT-FCC	30	29.65	29.3	28.9	28.6	27.3	30.35	30.76	31.4	32.9	
MTBE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TAME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NAFTA	1	0.99	0.98	0.97	0.96	0.93	1.01	1.02	1.03	1.09	
ISOMERO	18	19	20	21	22	25	17	16	15	10	
ALQUILADO	23	22.7	22.41	22.16	21.85	21	23.28	23.56	23.86	25.29	
REFORMADO	28	27.66	27.31	26.97	26.59	25.77	28.36	28.66	29.01	30.72	

Para poder detectar la influencia del isómero en la reformulación de gasolinas, se variaron los datos de las corrientes de acuerdo a la tabla 18, en donde los valores se presentan en por ciento volumen. En total se realizaron 145 corridas dentro de las cuales se llegó a la especificación con y sin isómero para las dos clases de gasolinas. La tabla 18 A presenta las variaciones en por ciento volumen para la gasolina PEMEX-MAGNA, en donde la corrida 1 (tabla 18 A1) que cumple con las especificaciones se tomó como base para aumentar

(corridas 2-6) y disminuir (corridas 7-11) la corriente de isómero y, la corrida 12 (tabla 18 A2) se tomó como base para aumentar (corridas 13-17) y disminuir (corridas 18-21) el isómero y así detectar la influencia de esa corriente en el pool de gasolinas.

La tabla 18 B presenta las variaciones de la corriente de isómero en porcentaje volumen para la gasolina PEMEX PREMIUM. Los datos de la tabla 18 B1 son las variaciones de acuerdo a la corrida 22, aumentando (corridas 23-25) y disminuyendo (corridas 26-29) la corriente de isómero y, la tabla 18 B2 de acuerdo a la corrida 30 aumentando (corridas 31-33) y disminuyendo (corridas 34-36) el isómero. En donde cada una de las tablas cumple con un rango en las especificaciones de acuerdo a la tabla 17.

La tabla 19 A/B presenta las especificaciones resultado de la simulación del pool de gasolinas de acuerdo a las tablas 18 A y 18 B.

Tabla 18 B1. Datos de la variación de las corrientes en porcentaje (% v) utilizados en la simulación del Pool, para la gasolina PEMEX-PREMIUM basados en la corrida 22.

CORRIENTE	CORRIDA							
	22	23	24	25	26	27	28	29
CAT-FCC	15	14.83	14.58	13.66	15.18	15.33	15.8	16.13
MTBE	13	12.85	12.66	11.82	13.15	13.3	13.7	13.98
TAME	0	0	0	0	0	0	0	0
NAFTA	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOMERO	7	8	10	15	6	5	2	0
ALQUILADO	40	39.55	38.58	36.66	40.48	40.85	42.2	43.01
REFORMADO	25	24.75	24.18	22.86	25.25	25.52	26.3	26.88

Tabla 18 B2. Datos de la variación de las corrientes en porcentaje (% v) utilizados en la simulación del Pool, para la gasolina PEMEX-PREMIUM basados en la corrida 30.

CORRIENTE	CORRIDA						
	30	31	32	33	34	35	36
CAT-FCC	27	26.44	25.86	24.43	27.28	28.15	28.72
MTBE	16	15.65	15.3	14.43	16.18	16.69	17.03
TAME	0	0	0	0	0	0	0
NAFTA	0	0	0	0	0	0	0
ISOMERO	6	8	10	15	5	2	0
ALQUILADO	24	23.49	22.98	21.71	24.26	25.01	25.53
REFORMADO	27	26.42	25.86	24.43	27.28	28.15	28.72

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

Tabla 19 A1. Resultados de la simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 A1.

ESPECIFICACION	CORRIDA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RON	91.0	90.9	90.8	90.7	90.6	90.3	91.0	91.1	91.2	91.3	91.5
MON	83.3	83.3	83.3	83.2	83.2	83.2	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3
MIN. DON	87.2	87.1	87.1	87.0	86.9	86.8	87.2	87.2	87.3	87.3	87.4
MAX. AZUFRE (%W)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
MAX. AROMATICOS (%V)	32	31	31	31	30	29	32	32	33	33	34
MAX. OLEFINAS (%V)	15	15	15	15	15	14	15	16	16	16	17
PVR (lb/pulg ²)	8.2	8.3	8.4	8.4	8.5	8.9	8.1	8.0	7.9	7.9	7.6

Tabla 19 A2. Resultados de la simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 A2.

ESPECIFICACION	CORRIDA										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
RON	90.7	90.6	90.5	90.4	90.4	90.1	91.1	91.2	91.3	91.7	
MON	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	83.9	84.4	84.4	84.4	84.5	
MIN. DON	87.4	87.3	87.3	87.2	87.2	87.0	87.8	87.8	87.9	88.1	
MAX. AZUFRE (%W)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
MAX. AROMATICOS (%V)	25	24	24	24	23	23	25	25	26	27	
MAX. OLEFINAS (%V)	13	13	13	13	13	12	14	14	14	15	
PVR (lb/pulg ²)	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.6	7.9	7.8	7.7	7.3	

Tabla 19 B1. Resultados de la simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 B1.

ESPECIFICACION	CORRIDA								
	22	23	24	25	26	27	28	29	
RON	95.7	95.6	95.4	94.7	95.9	96.0	96.3	96.6	
MON	88.8	88.8	88.6	88.3	88.9	89.0	89.2	89.3	
MIN. DON	92.3	92.2	92.0	91.5	92.4	92.5	92.8	93.0	
MAX. AZUFRE (%W)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
MAX. AROMATICOS (%V)	22	21	21	20	2	22	23	24	
MAX. OLEFINAS (%V)	8	8	8	7	8	8	8	8	
PVR (lb/pulg ²)	6.7	6.8	7.0	7.4	6.6	6.5	6.3	6.1	

Tabla 19 B2. Resultados de la simulación efectuada de acuerdo a la tabla 18 B2.

ESPECIFICACION	CORRIDA							
	30	31	32	33	34	35	36	
RON	96.2	95.9	95.7	95.0	96.3	96.7	96.9	
MON	87.6	87.5	87.4	87.1	87.7	87.8	87.9	
MIN. DON	91.9	91.7	91.6	91.1	92.0	92.3	92.4	
MAX. AZUFRE (%W)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
MAX. AROMATICOS (%V)	28	27	27	25	28	29	30	
MAX. OLEFINAS (%V)	14	14	14	13	15	15	16	
PVR (lb/pulg ²)	7.0	7.2	7.4	7.8	6.9	6.7	6.5	

3.2 Cálculo de la Exergia Específica de las corrientes

Para realizar el cálculo de la exergia específica de las corrientes que intervienen en la formulación de la gasolina y, para la gasolina producto se siguieron los siguientes pasos:

- Ya caracterizadas las corrientes con curvas de propiedades (punto 2) para conformar el blending (mezclado) se identifican los pseudocomponentes generados.
- Se utiliza la infraestructura del Grupo de Exergia del Instituto Mexicano del Petróleo para el cálculo de las exergias de las corrientes.
- Cálculo de la Exergia Total de cada una de las corrientes donde:

$$\text{Exergia total} = \text{Exergia física} + \text{Exergia química}$$

- Cálculo de la Exergia Específica de cada una de las corrientes donde:

$$\text{Exergia Específica} = \text{Exergia total} / \text{flujo másico}$$

Estos cálculos se realizaron para cada una de las corridas, en donde las corrientes presentaron los siguientes valores de exergia específica (ver diag. 17):

Gasolina Catalítica (CAT-FCC)	= 47.11 MJe/kg
Metil Terbutil Eter (MTBE)	= 47.27 MJe/kg
TAME	= 47.27 MJe/kg
Gasolina Primaria (NAFTA)	= 47.05 MJe/kg
Gasolina Isomerizada (ISOMERO)	= 47.44 MJe/kg
Alquilado	= 47.09 MJe/kg
Gasolina Reformada	= 46.95 MJe/kg

En la tabla 20 se presentan los valores de exergia específica de la gasolina producto para algunos de las corridas efectuadas.

3.3 Diagrama de Exergia Específica

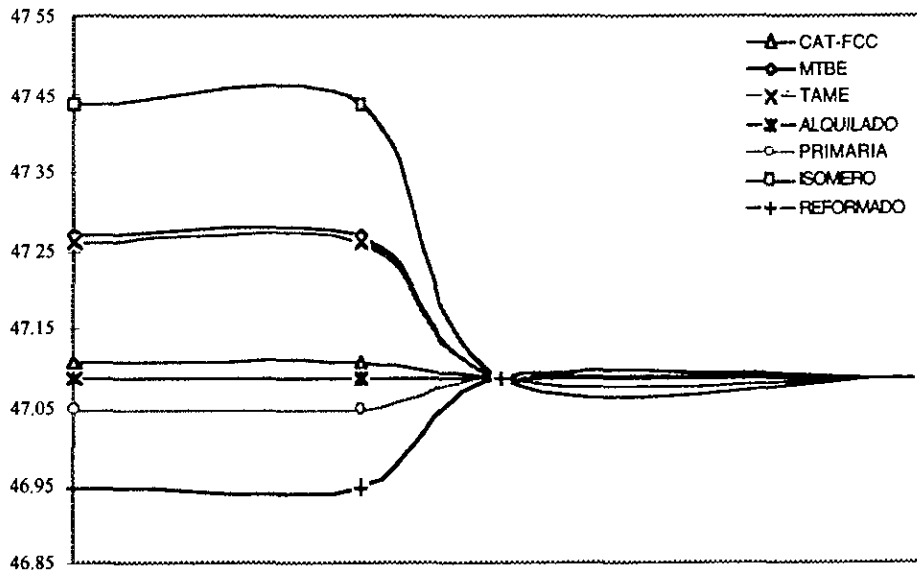
En el diagrama 17 se representa la exergia específica de todas las corrientes que intervienen en el Pool de Gasolinas para la preparación de la gasolina PEMEX-MAGNA y PEMEX-PREMIUM.

ANÁLISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

Tabla 20. Resultados de Exergia Específica (MJe/kg) de la gasolina producto

No. CORRIDA	EXERGIA ESPECIFICA (MJe/kg) GASOLINA PTO.		
	Corr. base	↑ Isómero	↓ Isómero
1	47.09		
6		47.12	
11			47.06
12	47.10		
17		47.13	
21			47.08
22	47.10		
25		47.12	
29			47.07
30	47.10		
33		47.13	
36			47.08

Diag. 17 Diagrama de Exergia Específica (MJe/kg) de las corrientes que intervienen en la preparación de las Gasolinas Reformuladas.



CAPITULO 4

DISCUSION DE RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados tanto del análisis de exergia de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos como del análisis de exergia específica del Pool de Gasolinas.

1. ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA

La Unidad Isomerizadora funciona en base al proceso comercial denominado PENEX de tecnología UOP, en el cual la reacción dominante es la conversión de n-parafinas a isoparafinas de número de octano alto y, está diseñado específicamente para la Isomerización catalítica continua de pentanos, hexanos y mezcla de éstos. Las reacciones se realizan en una atmósfera de hidrógeno, sobre una cama fija de catalizador y en condiciones de operación que promueven la Isomerización y minimizan la hidrodésintegración.

El Análisis de Exergia es una herramienta que se utiliza en la optimización energética de los procesos y sistemas industriales, evaluando el funcionamiento termodinámico y, determinando los puntos críticos en los que se pueda obtener una mejora energética en los procesos industriales.

En la aplicación del análisis de exergia se utiliza el Método de Bloques que nos permite establecer las bases para la determinación de los puntos críticos de un sistema, pudiendo realizar esta evaluación por equipo, por grupo de equipos, por secciones y de manera global, viendo cada punto como un bloque y, poder así calcular los parámetros de funcionamiento pertinentes.

De la aplicación del Análisis de Exergia a la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos se tienen los siguientes resultados.

Análisis de Exergia por bloque (equipo).

El mayor porcentaje de las **pérdidas totales de exergia (PEX)** de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos se encuentra en 3 bloques de los 47 de la Unidad, los cuales representan el 74% de las pérdidas totales de la Unidad; estos equipos son, el primer reactor (DC-301) con el 29%, el condensador (enfriador con aire, EC-303) de la columna DA-301 con 23%, el rehervidor (EA-312 -con vapor de baja-) de la columna DA-301 con 22% del total de la Unidad, ver fig. 14.

Del 26% restante, el 22% corresponden a 6 bloques que son, el enfriador con aire EC-302 con 8%, la columna desisopentanizadora DA-301 con 4%, el divisor DV-304 con 4%, el enfriador con aire EC-301 con 3%, el intercambiador de calor (de la sección de reacción)

EA-306 con 2% y, el intercambiador de calor (de la sección de reacción) EA-305 con 2% del total de las pérdidas totales de exergía de la Unidad Isomerizadora.

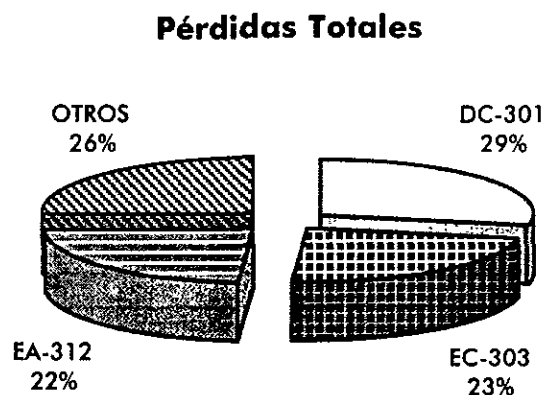


Fig. 14 Porcentaje de PEX de los bloques (por equipo) de la Unidad

Los bloques que cubren en mayor porcentaje las **irreversibilidades (IRR)** de la Unidad son, el rehervidor con vapor de baja de la columna desisopentanizadora DA-301, EA-312 con 25.5%; el reactor DC-301 con 25.3%, debido a las irreversibilidades de la reacción química; y el condensador (enfriador con aire) de la misma columna el EC-303, con 18.7%, por los procesos de transferencia de calor; ver fig. 15.

Los bloques que representan el mayor porcentaje de **efluentes (EFL)** son, los enfriadores con aire EC-303 con el 58%, el EC-302 con 24% y, el EC-301 con 15.6%, ver fig. 15. Debido al aire caliente que es arrojado a la atmósfera.

Los bloques con menor **eficiencia (η)** son, el enfriador con agua EA-314 (sección de vaporización) con 18.5% y los enfriadores con aire EC-303 (condensador de la columna DA-301 -sección de carga de hidrocarburo- con 36.8% y el EC-302 (sección de isómero producto) con 39.6%.

Los bloques con menor **efectividad (ϵ)** son las válvulas que no representan ninguna ganancia de exergía por tratarse de un proceso de pérdida neta, y el mezclador MX-305 (sección de isómero producto) con 0%, el mezclador MX-301 (sección de carga y secado de hidrógeno) con 0.55%, el reactor DC-301 (sección de reacción) con 1.6%, el enfriador con agua (sección de vaporización) EA-314 con 15.1%, los enfriadores son equipos de baja efectividad debido principalmente a que la corriente que gana exergía (agua de enfriamiento) es de baja temperatura, por lo que origina un alto gradiente térmico a altas pérdidas irreversibles; el

intercambiador de calor (sección de carga de hidrocarburo) EA-301 con 18.2%, el enfriador con agua (sección de carga y secado de hidrógeno) EA-310 con 19.1%, los intercambiadores de calor (sección de reacción) EA-305 con 25.8% y EA-306 con 27.3%; y los enfriadores con aire, EC-303 (condensador de la torre DA-301-sección de carga de hidrocarburo-), EC-304 (condensador de la torre DA-302 -sección de estabilización-) y el EC-302 (sección de isómero producto), con 27.7%, 32.3% y 38.4% respectivamente, ver Fig. 16

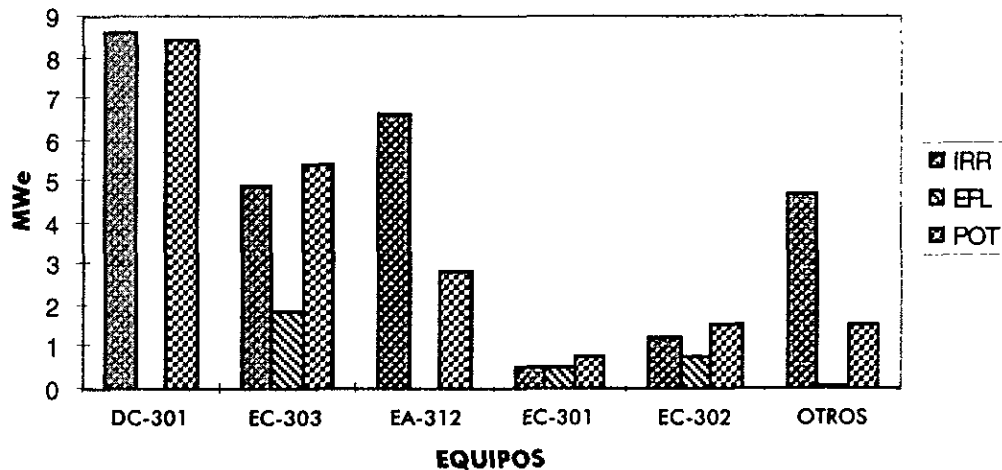


Fig. 15 Equipos con mayores Pérdidas Irreversibles, Efluentes y Potencial de Mejoramiento

Son 8 los bloques que representan el 91.8% del **potencial de mejoramiento (POT)** del total de los 47 bloques de la Unidad y son el reactor DC-301 con 31.5% y, DC-302 con 5.8%; los enfriadores con aire EC-303 con 26.3%, el EC-302 con 7.5% y el EC-301 con 3.7%, el rehervidor EA-312 con 13.8% y, los intercambiadores de calor EA-306 y EA-305 con 2.2% y 1.8% respectivamente, ver fig. 15.

Comparando el POT, PEX y ϵ (fig. 16) en los bloques que representan el mayor potencial de mejoramiento en la Unidad tenemos que los mismos tienen también el mayor porcentaje de pérdidas totales de exergía y que éstas aumentan cuando estos equipos tienen efluentes, y que la efectividad de estos equipos son también de las más bajas en la Unidad, debido a que estos equipos también representan el mayor porcentaje de irreversibilidades de la Unidad y la exergía neta producida (Ex_{ntp}) en estos bloques es apreciablemente menor que la exergía neta suministrada (Ex_{nts}).

En el diagrama del perfil de **exergía específica** se observa que ésta aumenta en las dos columnas (DA-301/302) de la Unidad, ver diag. 12.

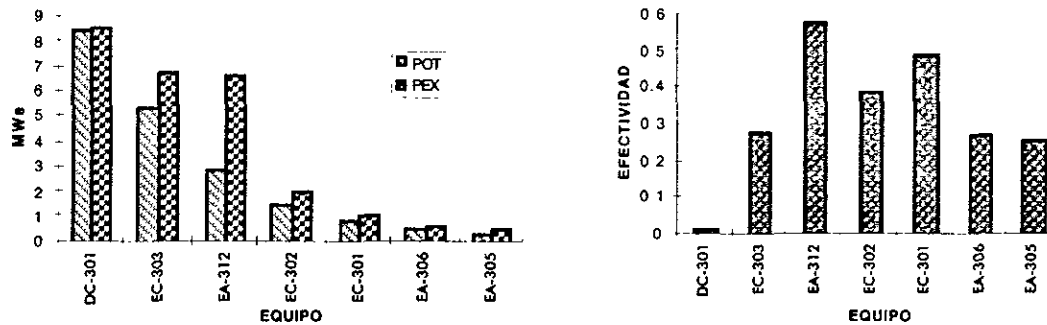


Fig. 16. Comparación de los equipos con mayor Potencial de Mejoramiento, Pérdidas Totales de Exergia y Efectividad

En la columna de destilación DA-301 (desisopentanizadora, donde se separa el isómero de la alimentación antes de mandar la carga a la sección de reacción), se obtiene un producto destilado (isómero) con mayor exergia total y, un producto de fondo con menor exergiatotal debido a que las exergias químicas de los productos de destilación son mayores debido al proceso de purificación que se lleva a cabo.

Cuando se mezclan (en el MX-302) las dos cargas a la sección de reacción se observa un ligero aumento de exergia específica en dicha sección y, esto es debido a que el hidrógeno tiene una exergia específica alta y se observa una ligera disminución en la misma sección a la salida del reactor DC-301 debido a la disminución de exergia de los productos de la reacción. El producto de la Unidad sale con una exergia específica alta después de mezclar la salida del reactor DC-301 debido a la disminución de exergia de los productos de la reacción. El producto de la Unidad sale con una exergia específica alta después de mezclarla sección de enfriamiento con el isómero separado de la sección de carga de hidrocarburo proveniente de la columna DA-301.

Análisis de Exergia por grupo de equipos.

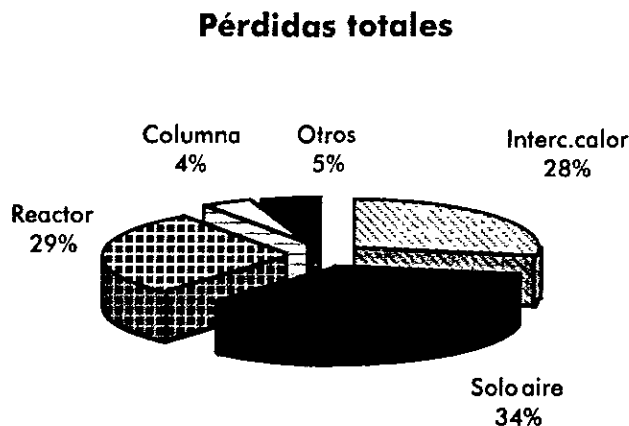


Fig. 17. Porcentaje de Pérdidas Totales de Exergia por Grupo de Equipos de la Unidad

El grupo de equipos que cuenta con el mayor número de pérdidas de exergia es el soloaire (enfriador con aire) con 9.8 MWe (ver fig. 17) que representan un 34% del total de la Unidad. Los equipos con mayores pérdidas en este grupo son, el EC-303 con 6.7 MWe (69% del grupo) y, el EC-302 con 2.0 MWe (21%), ver fig. 18.

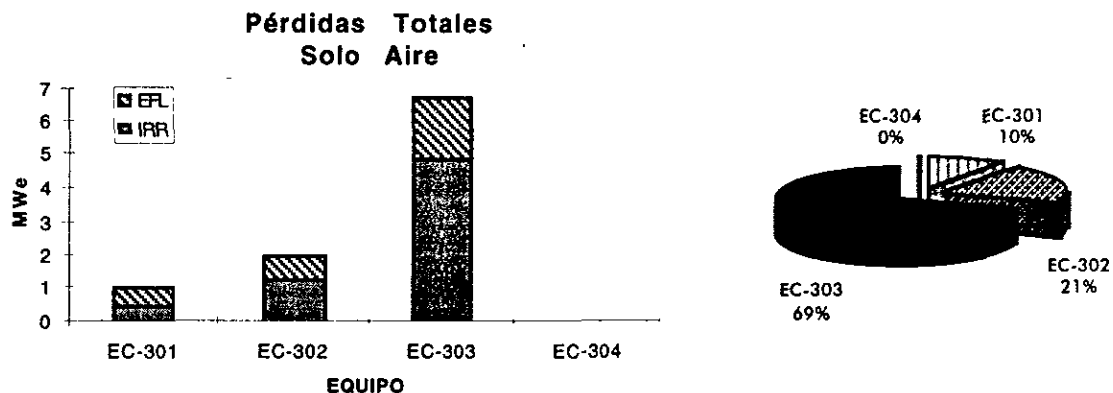


Fig. 18. Pérdidas Totales del grupo de soloaire

El segundo grupo de importancia en pérdidas totales de exergia es el reactor con 8.1 MWe que representan el 29% de la Unidad, ver fig. 24. El reactor DC-301 representa el 81% de esas pérdidas, Ver fig 19.

El grupo de intercambiadores de calor tiene 8.46 MWe, que representan el 28% del total de pérdidas de la Unidad, ver fig. 17. Dentro de este grupo el equipo con mayores pérdidas totales de exergía es el rehervidor (con vapor de baja) de la columna deisopentanizadora (DA-301) con 6.7 MWe que representa el 78% de las pérdidas de la sección, ver fig. 20.

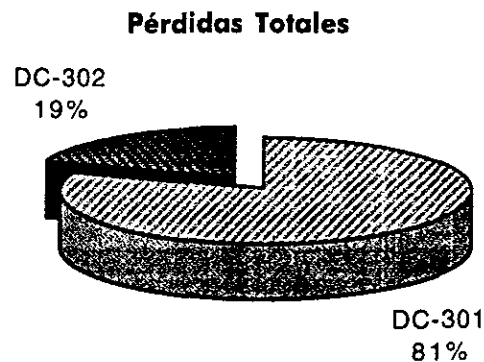


Fig. 19. Porcentaje de Pérdidas Totales de Exergía del grupo de equipo Reactor

Las otras secciones representan el 10% del total de pérdidas de exergía de la Unidad.

De lo anterior se puede decir que los grupos de equipos que aportan las mayores pérdidas totales de exergía son el de soloaire (aeroenfriadores) y el de intercambio de calor, esto quiere decir que se necesita mayor integración térmica en la Unidad y se podría implementar la Tecnología Pinch.

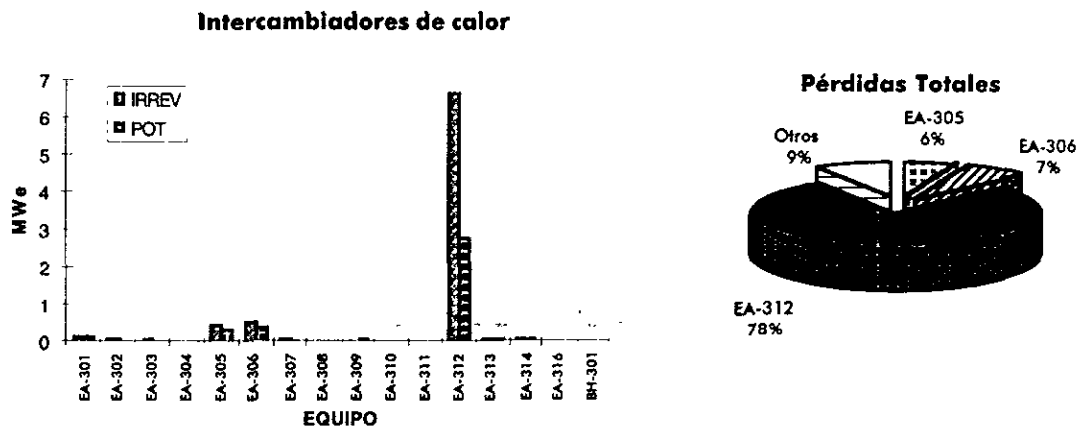


Fig. 20. PEX, POT e IRR del grupo de intercambio de calor

Con referencia a las **irreversibilidades (IRR)**, el grupo de reactores es el que tiene el mayor porcentaje 32.4%, el segundo en importancia es el de intercambiadores de calor con 31.6% y el tercero es el de soloaire con 25%, ver fig. 21.

Esta diferencia en cuanto a pérdidas totales de exergía e irreversibilidades en el grupo de equipos de soloaire e intercambio de calor se debe a las pérdidas efluentes. El grupo de soloaire representa el 97.9% del total de los efluentes de la unidad, el 2.1% restante al de intercambio de calor, ver fig. 22.

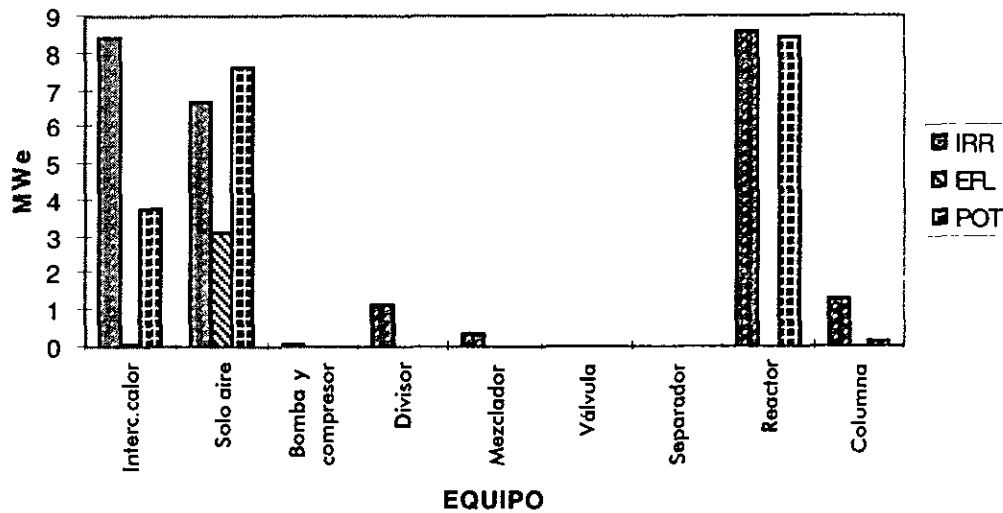


Fig. 21. Irreversibilidades, Efluentes y Potencial de Mejoramiento por Grupo de Equipos de la Unidad.

Los grupos de equipos con menor **efectividad** (ϵ) es el de válvulas con 0 (cero), el siguiente grupo es el de reactores con 1.7%, el de soloaires tiene el 32.1%. Los grupos de equipos con mayor efectividad son los separadores (secadores y adsorbedores) y los divisores con 100%, el siguiente son los mezcladores con 97% debido a que las pérdidas totales de exergía son nulas o muy pequeñas en estos equipos.

El grupo de equipo con menor **eficiencia** (η) es de soloaire y, el segundo el de intercambiadores de calor.

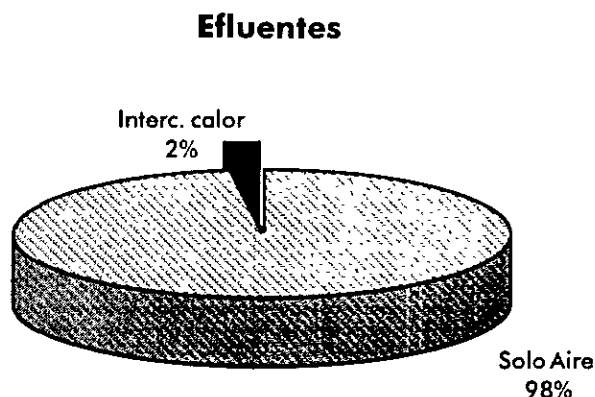


Fig. 22. Distribución de Pérdidas Efluentes de la Unidad Isomerizadora

Análisis de Exergia por sección

La sección que tiene más pérdidas totales de exergia es la de **Carga de Hidrocarburo**, las cuales representan el 54 % de la Unidad, ver Fig. 23. En esta sección la carga es la nafta ligera proveniente de la Unidad Hidrodesulfuradora, en donde el equipo principal es la columna desisopentanizadora (DA-301), en la cual se trata la carga que llega al sistema de reacción, separando el isopentano de la alimentación, su función es la de una columna preparadora de carga. Al separar el isopentano (isohexano) de la corriente, se elimina del sistema de reacción una fracción de hidrocarburo que no reacciona y que puede ser ocupado por una mayor cantidad de n-pentanos, aumentando así el proceso de la Unidad.

Dentro de la sección los equipos con mayor porcentaje de pérdidas totales de exergia son el EA-312 (Rehervidor de la DA-301) y, el EC-303 (Condensador de la DA-301), juntos representan el 83% del total de las pérdidas de la sección (ver fig. 24) y el 45% de la Unidad.

Estos porcentajes tan altos se deben en el rehervidor (EA-312), al proceso de transferencia de calor y a la degradación exérgica del vapor de baja; y en el condensador (enfriador con aire, EC-303), al proceso de transferencia de calor y al efluente arrojado a la atmósfera en forma de aire caliente.

Para abatir las pérdidas en esta sección, se podría implementar una bomba de calor e inclusive analizar si es posible la destilación diabática.

Pérdidas Totales

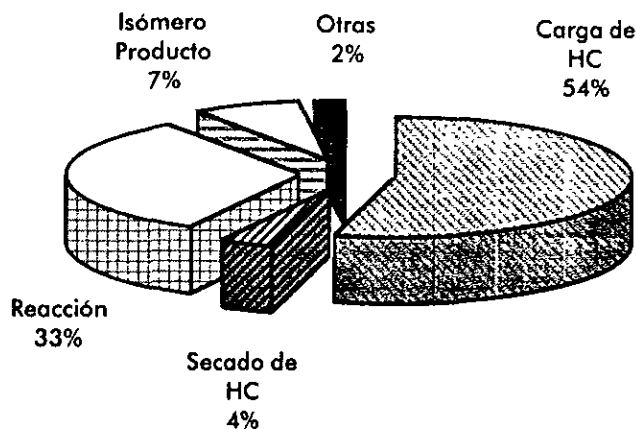


Fig. 23. Porcentaje de Pérdidas Totales de Exergía de las Secciones de la Unidad Isomerizadora

La segunda sección en importancia en pérdidas totales de exergía es la sección de **Reacción**, la cual tiene el 33% de las pérdidas de la Unidad, ver fig. 23. La Sección de Reacción es el corazón de la Unidad Isomerizadora, cuenta con dos reactores en serie con el catalizador distribuido entre los dos.

Los equipos que tienen el mayor porcentaje de pérdidas totales de exergía son los reactores DC-301, el cual representa el 70% de las pérdidas de la sección y el 22.5% de la Unidad y; el DC-302 que representa el 16% de las pérdidas de la sección y el 5.3% de la Unidad, ver fig. 25. Esto es debido a que al reaccionar se obtiene el producto deseado pero con menor exergía química.

Pérdidas Totales

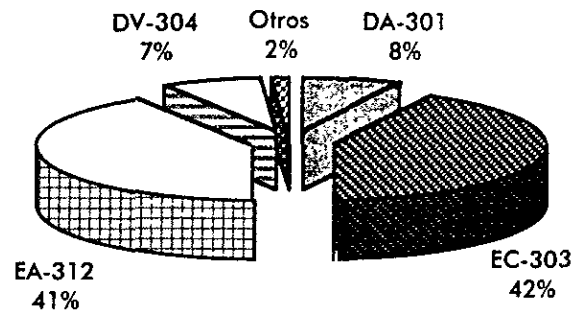


Fig. 24. Porcentaje de PEX de la Sección de Carga de Hidrocarburo

Pérdidas Totales

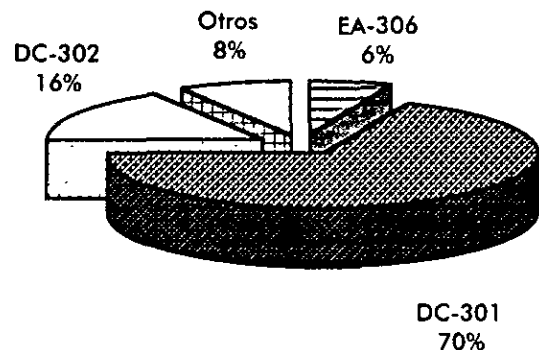


Fig. 25. Porcentaje de PEX de los equipos de la Sección de Reacción

La tercera sección en importancia, es la sección de **Isómero Producto**, la cual representa el 7% de las pérdidas totales de exergía de la Unidad, ver fig. 23. Esta sección consta de un sistema de enfriadores del producto de la Unidad Isomerizadora y aquí se mezclan las diferentes corrientes que componen el isómero producto como son, la corriente que sale de la columna desisopentanizadora, la corriente que sale de la columna estabilizadora y la corriente que proviene de la sección de vaporización.

El equipo que representa el mayor porcentaje de pérdidas totales de exergía en esta sección es el enfriador con aire (EC-302), el cual tiene el 92% de las pérdidas de la sección y el 6.8% de la Unidad, ver fig. 26. Estas pérdidas son debido al enfriamiento del producto por medio de enfriadores con aire, los efluentes al medio ambiente y los procesos de mezclados.

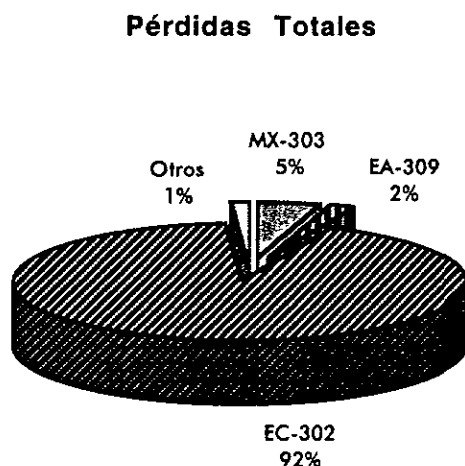


Fig. 26. Porcentaje de Pérdidas Totales de Exergía de la Sección de Isómero Producto

La siguiente sección, es la de **Secado de Carga de Hidrocarburo**, que representa el 4% del total de pérdidas de la Unidad, ver fig. 23. En esta sección se prepara la carga que va a entrar al sistema de reacción.

En esta sección el equipo que tiene el mayor porcentaje de las pérdidas totales de exergía es el enfriador con aire (EC-301), el cual tiene el 95% de las pérdidas totales de exergía de la sección y el 3.4% de la Unidad de Isomerización, ver fig. 24. Esto es debido al enfriamiento de la alimentación a la sección de reacción y los efluentes al medio ambiente.

Las secciones de Estabilización, Vaporización y, Carga y Secado de Hidrógeno representan juntas el 2% del total de pérdidas de la Unidad.

En lo que respecta a **irreversibilidad (IRR)**, las secciones se mantienen en la misma secuencia de importancia que las pérdidas totales (ver fig. 30), debido a que las pérdidas efluentes están repartidas en todas las secciones.

La sección con mayores pérdidas efluentes ver fig. 30, es la de carga de Hidrocarburo con el 56 % del total de los efluentes de la Unidad Isomerizadora. La siguiente sección de importancia en efluentes es la de Isómero Producto con un 25% y, la sección de Secado de Hidrocarburo con un 16% (fig. 30). Esto es debido a que en estas secciones se encuentran los equipos con mayores pérdidas efluentes de la unidad, el EC-303, EC-302 y EC-301 respectivamente.

La sección con menor porcentaje de **efectividad** (ϵ) (ver fig. 28) es la de Reacción con un 0.9%, en ésta sección se tiene un equipo con una efectividad de cero (la válvula, VX-304), el siguiente equipo con menor efectividad es el reactor DC-301 con 2%, debido a que la exergía química de la corriente de entrada al reactor es mayor que la de salida.

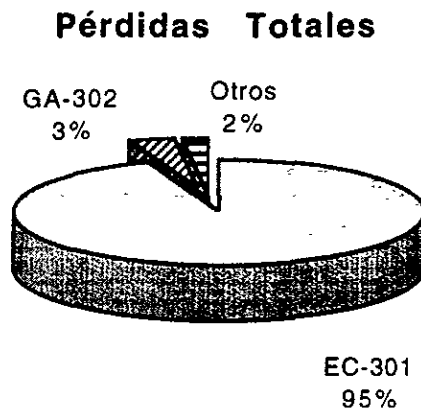


Fig. 27. Porcentaje de Pérdidas Totales de la Sección de Secado de Carga de Hidrocarburo

La segunda sección con baja efectividad es la sección de Estabilización, en esta sección, los equipos con menor efectividad son el condensador de la columna estabilizadora (enfriador con aire EC-304) con 32.3% y el enfriador con agua (EA-316) con un 47.8% de efectividad, debido al suministro de energía de alta calidad (vapor de media, aire atmosférico, agua de enfriamiento y energía eléctrica) en la sección.

La sección de Vaporización tiene una efectividad de 12.2%, en esta sección es el enfriador con agua (EA-314) el equipo que tiene menor efectividad un 15.1%. En esta sección se utiliza energía de alta calidad (vapor de alta, vapor de baja y agua de enfriamiento).

En la sección de Carga de Hidrocarburo que tiene una efectividad de 13.2% tenemos que el intercambiador de calor EA-301 y, el condensador de la DA-301 (enfriador con aire EC-303) son los equipos con menor efectividad en esta sección, 18.1% y 27.6% respectivamente.

En esta sección se emplea energía de alta calidad (vapor de baja, aire atmosférico y energía eléctrica).

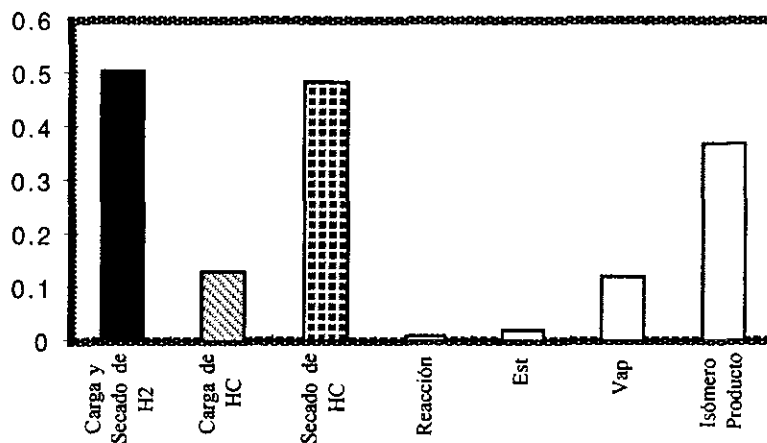


Fig. 28. Efectividad (ϵ) de las Secciones de la Unidad Isomerizadora

La sección de isómero tiene una efectividad de 36.8%, en la que se tienen dos equipos con una efectividad de cero, el mezclador (MX-305) y la válvula (VX-302) y, los equipos con baja efectividad son el enfriador con aire (EC-302) y el enfriador con agua (EA-309) con 38.4% y 42.2% respectivamente. Esto es debido al suministro de energía de alta calidad en la sección (agua de enfriamiento, aire atmosférico y energía eléctrica).

Las secciones de Secado de Carga de Hidrocarburo y la sección de Carga y Secado de Hidrógeno son las que tienen mayor efectividad en la Unidad de Isomerización, 46.6% y 50.6% respectivamente.

En la sección de Secado de Carga de Hidrocarburo los equipos con menor efectividad, es la bomba (GA-302) con 40.9% y el enfriador con aire (EC-301) con 49.1%, debido al empleo de aire atmosférico, agua de enfriamiento y energía eléctrica en la sección.

En la sección de Carga y Secado de Hidrógeno se tiene una válvula con una efectividad de cero y dos equipos con baja efectividad, el mezclador (MX-301), y el enfriador con agua (EA-310) con 0.55% y 19.1% respectivamente.

La sección con menor **eficiencia (η)** (ver fig. 29) es la sección de isómero producto, 39.9%. Los equipos EC-302 (enfriador con aire) y MX-305 (mezclador) son los equipos con menor eficiencia en la sección, 39.6% y 55.8% respectivamente.

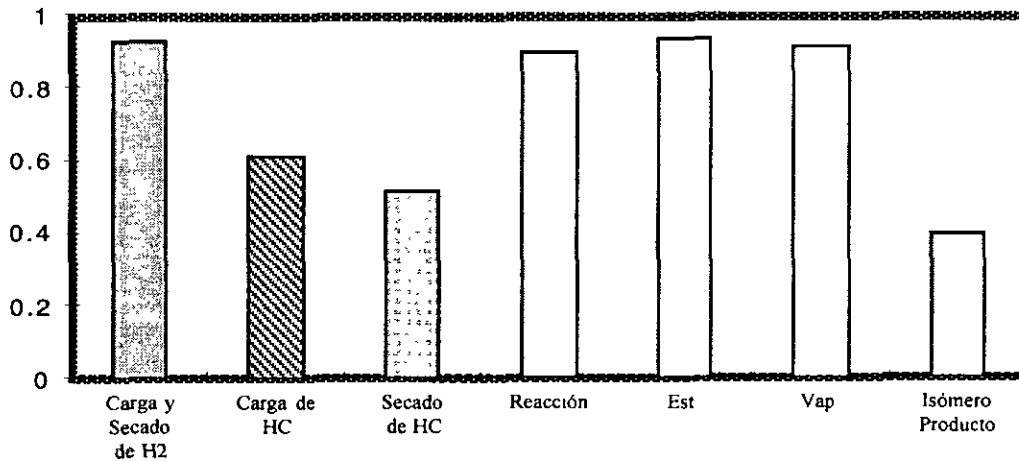


Fig. 29 Eficiencia (η) de las Secciones de la Unidad Isomerizadora

La segunda sección con baja eficiencia es la de Secado de Carga de hidrocarburo, 51.4%. En esta sección los equipos que tienen menor eficiencia son el enfriador con aire (EC-301) y la bomba (GA-302) con 50.9% y 61.1% respectivamente.

La sección de Carga de Hidrocarburo tiene una eficiencia de 61.3%, los equipos con menor eficiencia en la sección son el enfriador con aire (EC-303) con 36.8% y el intercambiador de calor de alimentación (EA-301) con 57.8%.

La sección con mayor **potencial de mejoramiento (POT)** es la de Carga de Hidrocarburo, con 13.98 MW e que representan el 52.7% del potencial de la Unidad, ver fig. 30. Los equipos con mayor potencial de mejoramiento son el condensador (enfriador con aire EC-303) y el rehervidor (EA-312) de la torre DA-301, con 5.38 y 2.82 MWe respectivamente, ver fig. 31.

La sección de Reacción es la segunda en importancia del potencial de mejoramiento con 9.44 MWe, que representan el 35.6% del total del potencial de la Unidad (fig. 30). En esta sección el equipo con mayor potencial de mejoramiento es el Reactor (DC-301) con 8.45 MWe, esto es debido a que la reacción que se lleva a cabo en el sistema de reacción tiene una disminución de la exergia química de los productos del reactor (fig. 32).

ANÁLISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

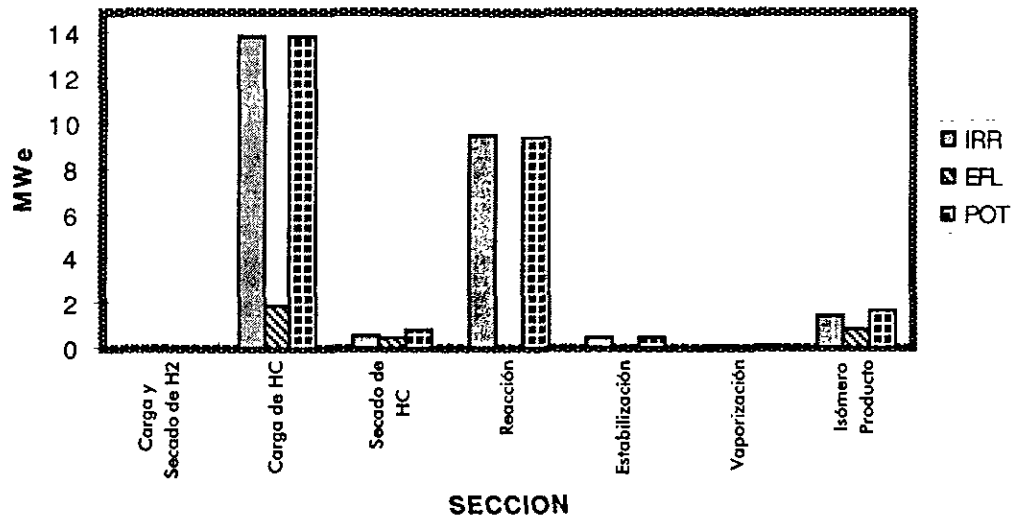


Fig. 30. Pérdidas Irreversibles, Pérdidas Efluentes y, Potencial de Mejoramiento de las Secciones de la Unidad Isomerizadora

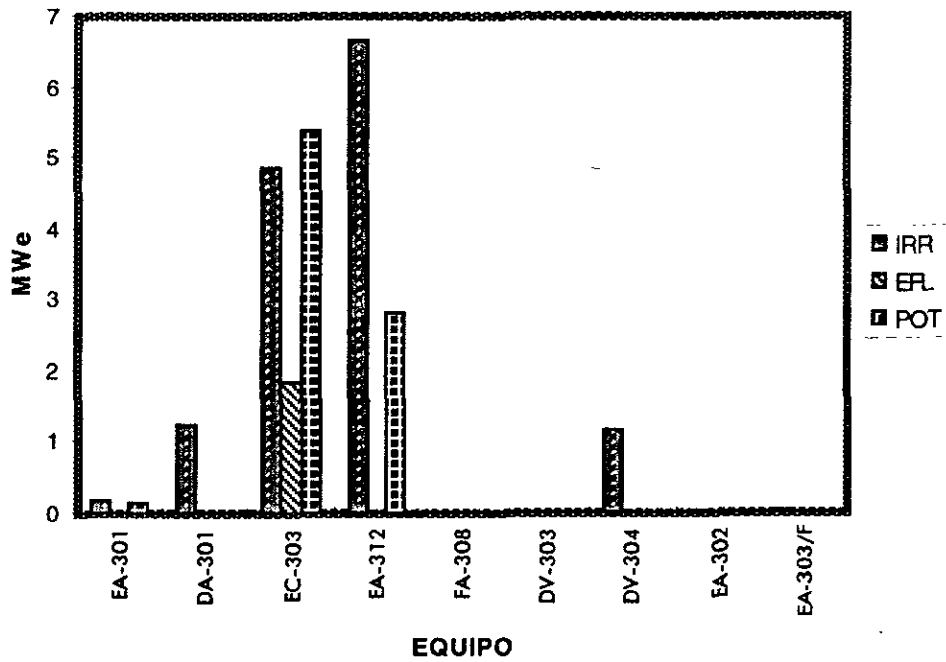


Fig. 31. Pérdidas Irreversibles, Pérdidas Efluentes y Potencial de Mejoramiento de los Equipos de la Sección de Carga de Hidrocarburo

La sección de Isómero Producto tiene un potencial de mejoramiento de 1.67 MWe que representan el 6.3% del total de la Unidad. El equipo con mayor potencial de mejoramiento en esta sección es el enfriador con aire (EC-302) con 1.53 MWe.

Las otras secciones tienen 1.41 MWe de potencial de mejoramiento que representan el 5.4% del total de la Unidad.

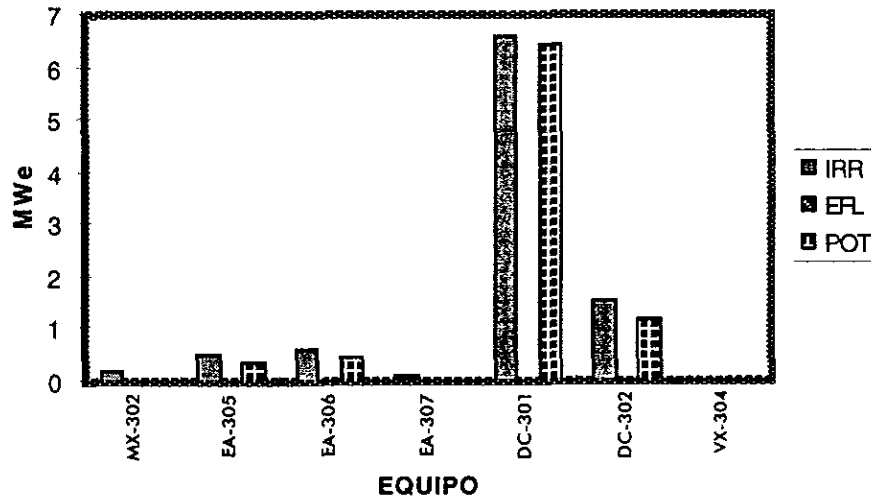


Fig. 32. Pérdidas Irreversibles, Pérdidas Efluentes y Potencial de Mejoramiento de los Equipos de la Sección de Reacción

Análisis exérgico global.

Las pérdidas totales de exergía (PEX) de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos son 29.3 MWe (tabla 12). De éstas el 89% (26.1 MWe) corresponden a irreversibilidades (IRR) y el 11% (3.2 MWe) a efluentes (EFL), ver fig. 33.

La efectividad (ϵ) de la Unidad es de 10.96%, es baja debido a que el objetivo de la Unidad es producir isómero y, el producto de la sección de reacción sale con menor exergía química es decir, que al reaccionar pierde exergía.

En el diagrama de grassmann (diag. 13-14) de la Unidad, se observan mayores pérdidas en la Sección de Carga de Hidrocarburo en donde solo es aprovechado el 0.58% (como suministro a otras secciones de la Unidad) de la exergía suministrada a la sección. En esta sección, el recalentador con vapor de baja EA-312 (rehervidor de la columna DA-301) de la exergía que

entra solo el 33.9% es aprovechado como recirculación en la columna. En el enfriador con aire EC-303, solo es aprovechado el 12.6% de la exergia suministrada.

Otras secciones en las que se puede apreciar esta diferencia en el porcentaje de exergia aprovechada es la de Reacción, en la que solo se aprovecha el 9.9% de la suministrada; y la de Estabilización en donde solo el 5% de la exergia suministrada es aprovechada en otras secciones de la Unidad, en esta sección el recalentador con vapor de media EA-313 (rehervidor de la columna DA-302) solo aprovecha el 4.4% de la exergia suministrada.

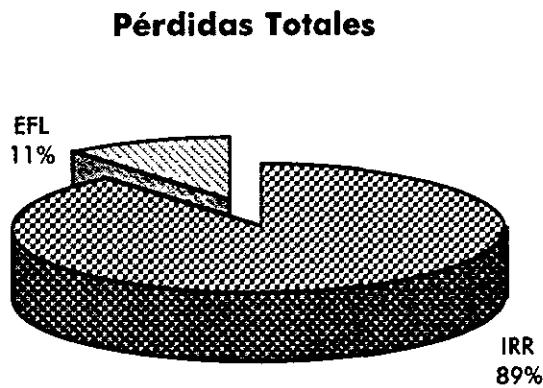


Fig. 33. Distribución de PEX de la Unidad

1. ANALISIS DE EXERGIA ESPECIFICA DEL POOL DE GASOLINAS

El Pool de Gasolinas es el "recipiente" donde se preparan las gasolinas (ver diag. 1-15-16), es a donde van a dar todas las corrientes que intervienen en la formulación de las gasolinas Pemex Magna y Pemex Premium.

En la tabla 20 se muestran de algunas de las corridas realizadas la exergia específica de la gasolina producto aumentando y disminuyendo la corriente de isómero en el Pool de Gasolinas. Se puede observar que cuando la corriente de isómero aumenta la exergia específica de la gasolina producto aumenta y viceversa.

En la tabla 18 se dan los datos en porciento volumen de la preparación de cada corrida, comparando la tabla 18 con la 20 se puede observar que para la preparación de la gasolina Pemex-Magna (18 A1/A2), en las corridas 6 y 17 la gasolina producto presenta una mayor exergia específica de 47.12 y 47.13 MJe/kg respectivamente, esto es debido a que en Estas corridas el isómero se adiciona en mayor proporción cumpliendo con las especificaciones de la gasolina. En las corridas 11 y 21 que se adiciona isómero en menor proporción la exergia específica de la gasolina disminuye con respecto a las otras corridas a 47.06 y 47.08 MJe/kg respectivamente.

Para la gasolina Pemex-Premium (tabla 18 B1/B2) sucede lo mismo que con la gasolina Pemex-Magna, cuando la corriente de isómero forma parte de la formulación, la exergia específica de la gasolina producto es mayor y, cuando el isómero no forma parte de la formulación la gasolina producto tiene menor exergia específica.

Comparando, la gasolina Pemex-Magna es una gasolina de mayor calidad exérgica que la Pemex-Premium porque la corriente de isómero que es la corriente con mayor exergia específica forma en mayor porcentaje parte de la formulación de la gasolina Pemex-Magna cumpliendo con las especificaciones. La corriente de isómero puede o no formar parte de la formulación de la gasolina Pemex-Premium, si forma parte es en un pequeño porcentaje y por lo tanto la exergia específica de la gasolina producto es menor.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones del análisis de exergía de la Unidad Isomerizadora, de la influencia del isómero en la preparación de la gasolina y, del análisis de exergía específica de las corrientes que forman parte del Pool de Gasolinas.

1. CONCLUSIONES

Del análisis exérgico realizado a la Unidad Isomerizadora se tienen las siguientes conclusiones:

- Las Pérdidas Totales de Exergia (PEX) de la Unidad son de 29.27 MWe, el 51% de estas se encuentran en 2 bloques solamente: el condensador y el rehervidor de la torre desisopentanizadora, debido a los procesos de transferencia de calor que se llevan a cabo, a la degradación exérgica del vapor de baja y al efluente arrojado a la atmósfera en forma de aire caliente.

Para abatir estas pérdidas, se podría realizar un análisis de la factibilidad económica de implementar una bomba de calor⁽¹⁰⁾ e inclusive destilación diabática^(20,21).

- El Potencial de Mejoramiento (POT) de la Unidad es de 26.41MJe/kg, los bloques que presentan mayor potencial de mejoramiento pertenecen al grupo de soloaire e intercambio de calor, de aquí se puede deducir que se necesita mayor integración térmica en la Unidad y se podría implementar la Tecnología Pinch.
- La Efectividad (ϵ) de la Unidad es de 11% esto es debido a que en la Sección de Reacción hay una disminución de la exergia química de los productos del reactor y a que en el proceso se suministra energía de alta calidad.

Con respecto a la influencia del Isómero en la Reformulación de Gasolinas, en la gasolina Pemex-Magna (ver tabla 18A-19A) la corriente de isómero nos ayuda a cumplir con algunas de las especificaciones que sin esta corriente no se podrían cumplir, como lo son: la PVR, el índice de octano (DON), aromáticos y olefinas (ver fig. 34).

La PVR es una especificación que varía de acuerdo al lugar donde se consume la gasolina y, a la época del año, esta variación va desde 6.5 a 11 y, la corriente de isómero es una corriente que aumenta la PVR al aumentar su porcentaje en la formulación de la gasolina sin alterar las otras especificaciones. Cuando la corriente de isómero no participa en la formulación apenas se alcanza el valor mínimo de PVR y, para aumentarla sin isómero se tendrían que ocupar corrientes de mayor costo de producción como lo son los oxigenados.

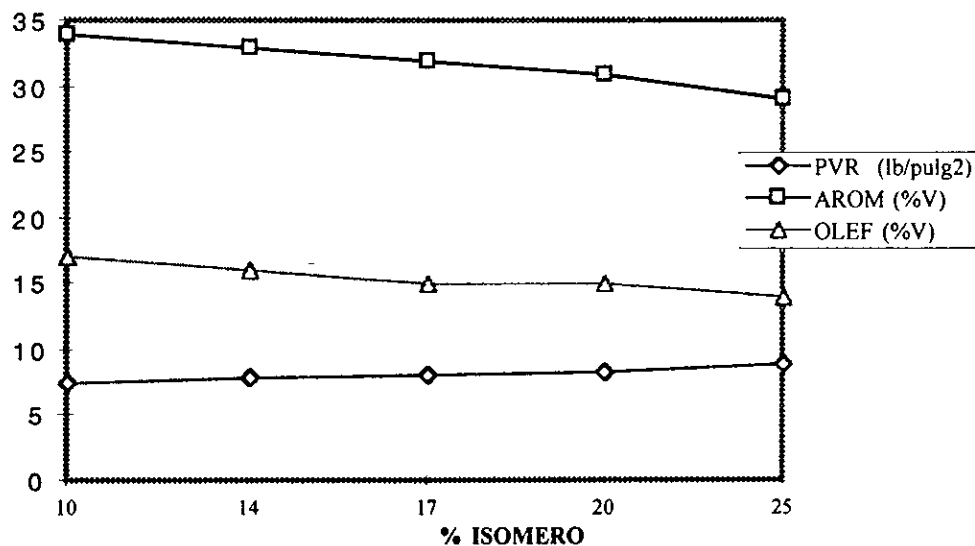
El Índice de Octano es una especificación constante para la gasolina Pemex-Magna y, la corriente de isómero aporta octanos en la formulación sustituyendo en porcentaje al alquilado que es una corriente que tiene mayor costo de producción.

En el caso de los aromáticos y olefinas, son especificaciones que también varían al igual que la PVR de acuerdo a donde esté destinado su consumo. La corriente de isómero no aporta ninguna de las dos, observando las fig. 34-35 conforme aumenta el % de isómero en la formulación disminuye el %V de aromáticos y olefinas.

En lo que respecta a la gasolina Pemex-Premium (ver tabla 18B-19B), la corriente de isómero ayuda al igual que para la gasolina Pemex-Magna, a aumentar la PVR y, a sustituir el porcentaje de gasolinas de mayor costo de producción, ver fig. 35.

Del análisis de exergia específica de las corrientes que intervienen en el Pool de Gasolinas, se puede concluir que la corriente de isómero a pesar de que es una gasolina con un costo de producción menor que los oxigenados tiene una mayor calidad exérgica y por lo tanto cuando el isómero forma parte de la formulación, la gasolina producto es de mayor calidad, ver fig. 36.

Fig. 34A. Influencia del Isómero en la Reformulación de las Gasolinas



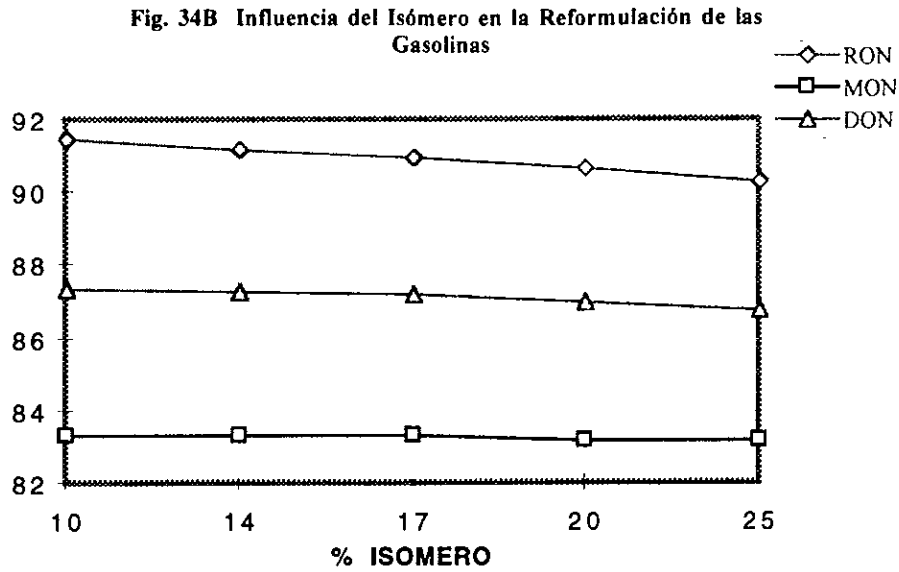
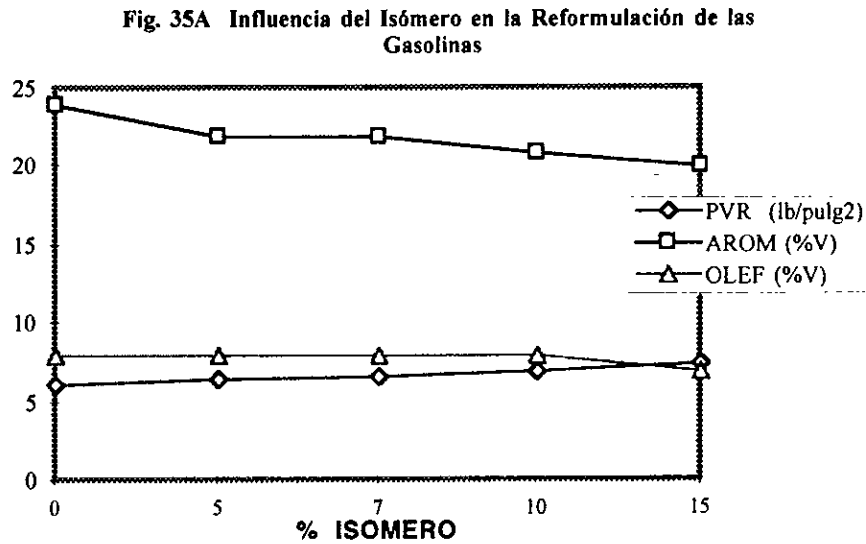


Fig. 34 Influencia del Isómero en la Gasolina Pemex-Magna



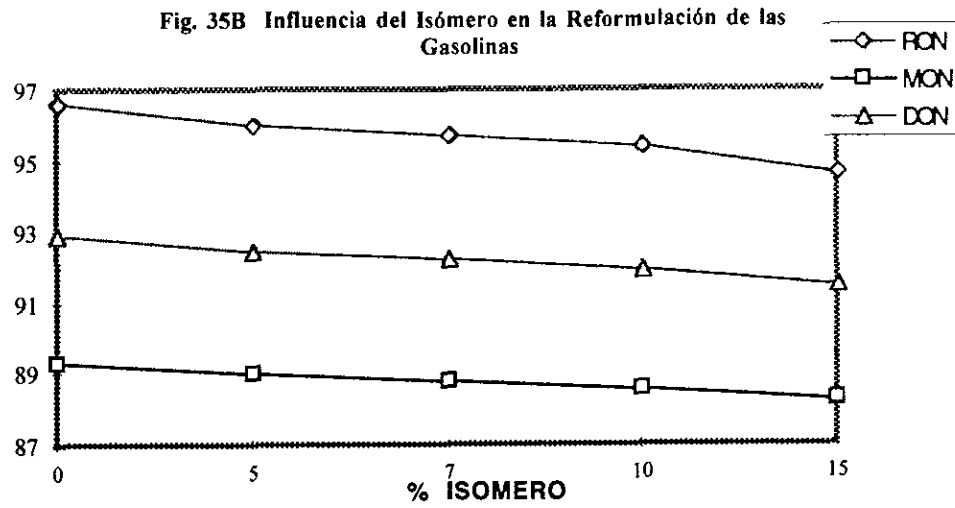


Fig. 35 Influencia del Isómero en la Gasolina Pemex-Premium

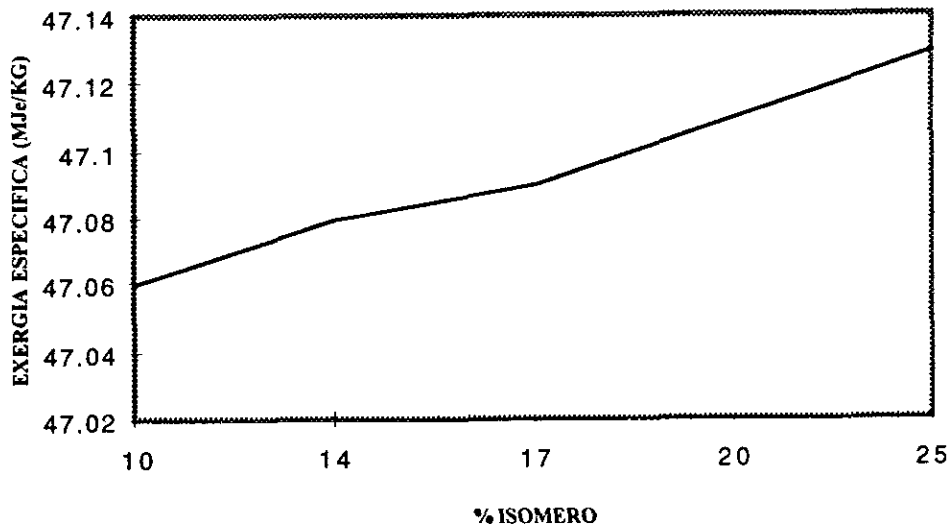


Fig. 36 Influencia del Isómero en la Calidad de las Gasolinas

EPILOGO

Como se mencionó anteriormente el presente trabajo de tesis “Análisis Exérgico de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos y su influencia en la Reformulación de las Gasolinas” se realizó bajo el marco del proyecto EOA-7442 “Optimización Exérgica de un Esquema de Refinación” por lo que sólo es una parte del mismo y, los objetivos planteados en el trabajo se cumplieron en su totalidad.

La finalización del proyecto es completar el análisis exergoeconómico del Esquema de Refinación basado en la Refinería Héctor Lara Sosa de Cadereyta, N.L. de donde la continuación de este trabajo de tesis sería aplicar la aplicación de el análisis económico a la Unidad Isomerizadora y poder así realizar la Optimización Exérgica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) AHERN, J.E. "The Energy Method of Energy Systems Analysis". Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. New York, USA 1980.
- (2) ASPEN PLUS. User Guide. 1995.
- (3) ASSELIN, G.F. "Isomerization: Upgrading light straight run". UOP Process Division, Des Plaines, Illinois. UOP 1971 Technical Seminar, "Modern Trends in Refining".
- (4) BAZUA, E. "Notas del Curso de Propiedades Termodinámicas" Facultad de Química, UNAM. México, 1996.
- (5) GALINDO, L.M.. "La demanda de gasolinas y los instrumentos económicos en México". Gaceta Ecológica. INE-SEMARNAP, México. Núm. 41. Invierno de 1996.
- (6) GARFIAS Y AYALA, J; GARCIA, M. "Calidad de combustibles vehiculares e impacto ambiental". Gaceta Ecológica. INE-SEMARNAP, México. Núm. 41. Invierno de 1996.
- (7) IMP. "Evaluación tecnológica del proceso de Isomerización de pentanos y hexanos, informe final", EOB-7241. div. de Procesos del Petróleo, Gerencia de Procesos; subdirección general de investigación y desarrollo tecnológico en Transformación Industrial. Agosto 1995.
- (8) LANNEAU; AREY, W.F. "A New Isomerization Process". ESSO Standard Oil Company, Louisiana, U.S.A. Fifth World Petroleum Congress, 1959.
- (9) LE GOFF, P. "Energetique Industrielle". Analyse thermodynamique et mécanique des économies d'énergie. tomo 1. Technique & Documentation. Paris 1982.
- (10) LE GOFF, P; MATSUDA, H; RIVERO, R. "Advances in Chemical Heat Pumps and Heat Transformers". Heat Pumps: Solving Energy and Environmental Challenges (ISBN:0-08-040193-7). T. Saito & Y. Igarashi, editors. Pergamon Press. Tokyo 1990.
- (11) LINNHOFF, B. "A user guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy". Institution of Chemical Engineers. England 1988.

- (12) MARTINEZ, B.; SALAZAR, S.; LEYVA, N. "Reformulación de Gasolinas en México". Revista IMIQ, vol. 7-8, Julio-Agosto, 1996.
- (13) PEMEX. Diagrama de Flujo de Proceso de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos de la Refinería Héctor Lara Sosa, Cadereyta N.L. Ref. 104-92-P 300 D-001.
- (14) PEMEX. "Características relevantes de las Gasolinas Mexicanas", Octanaje 15.
- (15) PEMEX. "Hoja Técnica de Especificaciones" 105/98-106/98.
- (16) PROCESS HANDBOOK. "Isomerization". Hydrocarbon Processing Vol. 43, No. 9. September, 1964.
- (17) RIVERO, R. "Programas Integrales de Ahorro de Energía (exergia) en la Industria Petrolera" Revista IMIQ, Vol. 3-4, Marzo-Abril 1996.
- (18) RIVERO, R. "Innovaciones Tecnológicas en la Administración de la Energía" Coloquio Regional de Ciencia y Tecnología sobre Ahorro y Conservación de Energía. 50 Aniversario de Petróleos Mexicanos, Tampico, 1988.
- (19) RIVERO, R. "El Análisis de Exergia" Revista IMIQ, Vol.11, Noviembre 1994.
- (20) RIVERO, R. "L'Analyse d'Exergie: Application á la Distillation Diabatique et aux Pompes á Chaleur á Absorption". Tesis doctoral. Instituto Nacional Politécnico de Lorena, Nancy, Francia 1993.
- (21) RIVERO, R.; CACHOT, T.; RAMADANE, A.; LE GOFF, P. "Diabatic or Quasi-Reversible Distillation: Exergy Analysis-Industrial Applications". Analysis of Thermal and Energy Systems. D.A. Kouremenos, G. Tsatsaronis & C. D. Rakopoulos, editors. Greg. Foundas Technical and Scientific Editions. American Society of Mechanical Engineers. Athens 1991.
- (22) RODRIGUEZ, M. "Una nueva generación de combustibles: Gasolinas Reformuladas". Revista IMIQ, Vol. 3-4, Marzo-Abril, 1997.
- (23) RODRIGUEZ, M. "Gasolinas Reformuladas". Nuestros Productos. Revista Octanaje 10.
- (24) RODRIGUEZ, M. "Nueva calidad de gasolinas en la zona metropolitana del valle de México (ZMVM)". Nuestros Productos. Revista Octanaje 12.

- (25) RODRIGUEZ, O.; VIVEROS, G.; "El desarrollo tecnológico de la Reformación Catalítica". Revista IMIQ, Vol. 3-4, Marzo-Abril, 1997.
- (26) ROSAS, J.; RODRIGUEZ, M. "Gasolinas". Nuestros Productos, Revista Octanaje 10.
- (27) SMITH, J.M.; VAN NESS, H.C. "Introducción a la Termodinámica en la Ingeniería Química" McGraw-Hill. México 1986.
- (28) UOP. "Penex Process Hydrogen once through". General Operating Manual. Rev. 1. March 1992.

FALTA PAGINA

No. / 23

ANEXO 1

SECUENCIA DE CALCULO

A Continuación se presentan las secuencias de cálculo utilizadas en el Análisis Exérgico de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

1. Secuencia de Cálculo General para el Análisis de Exergia

1.1 Simulación

1.2 Balances:

- Masa
- Entalpia
- Exergia

1.3 Cálculo de los diferentes tipos de exergia:

- Extte
- Extts
- Exnts
- Exntp
- Exuts

1.4 Cálculo de parámetro exérgicos:

- Efl - Pérdidas Efluentes
- Irr - Pérdidas Irreversibles
- η -Eficiencia
- ε -Efectividad
- Pex - Pérdidas totales de exergia
- Pot - Potencial de Mejoramiento

2. Secuencia de Cálculo para el Balance de Exergia

2.1 Cálculo de Exergias Físicas:

- $Exf = (H-Ho) - To (S-So)$

donde:

- H y S son producto de la simulación a condiciones de operación.
- Ho y So se calculan simulando con condiciones de referencia.

2.2 Cálculo de Exergias Químicas:

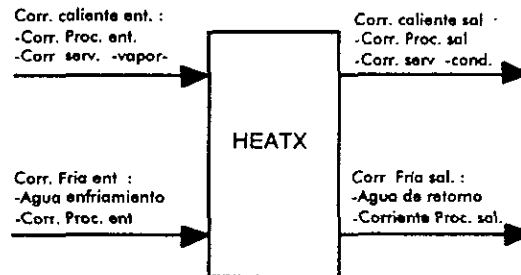
- Identifican las corrientes de proceso con diferente composición
- Flujos y Fracc. Mol de las corrientes y sus componentes.
- Obtener de tablas Exq^0 de cada componente (i) en cada corriente de proceso.
- Aplicar: $Exq = \sum x_i Exq^0 + RT_0(\sum x_i \ln y_i)$

2.3 Balance de Exergia:

- $ExT = Exf + Exq$

3. Secuencia de Cálculo de los bloques de la Unidad

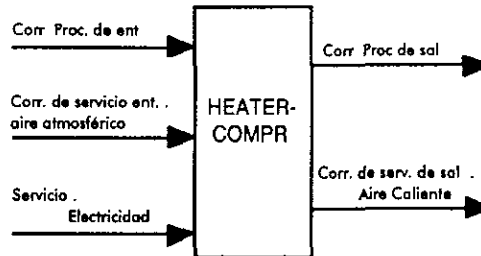
3.1 Intercambiador de calor



Balance de Exergia : $Corr. caliente de entrada + Corr. fría de entrada = Corr. caliente de sal. + Corr. fría de sal. + Irreversibilidades$

$$\begin{aligned}
 Extte &= Corr. caliente de entrada + Corr. fría de entrada \\
 Extts &= Corr. caliente de salida + Corr. fría de salida \\
 Exnts &= Corr. caliente de entrada - Corr. caliente de salida \\
 Exntp &= Corr. fría de salida - Corr. fría de entrada \\
 Efl &= Corr. fría de salida - Corr. fría de entrada \\
 Exuts &= Extts - Efl \\
 Irr &= Extte - Extts \\
 Pex &= Irr + Efl \\
 \eta &= Extts / Extte \\
 \epsilon &= Exntp / Exnts \\
 Pot &= Irr (1-\epsilon) + Efl
 \end{aligned}$$

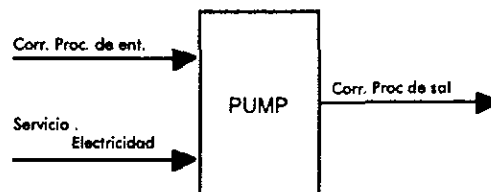
3.2 Aeroenfriador (soloaire)



Balance de Exergia: $\text{Corr. de Proceso de entrada} + \text{Electricidad} + \text{Aire atm.} = \text{Corr. de Proceso de salida} + \text{Aire Caliente} + \text{Irreversibilidades}$

- Extte = Corr. Proceso de entrada + Electricidad + Aire atm.
- Extts = Corr. Proceso de salida + Aire caliente
- Exnts = (Corr. Proc. ent. - Corr. Proc. sal.) + Electricidad
- Exntp = Aire caliente
- Efl = Aire caliente
- Exuts = Extts - Efl
- Irr = Extte - Extts
- Pex = Irr + Efl
- $\eta = \text{Extts} / \text{Extte}$
- $\varepsilon = \text{Exntp} / \text{Exnts}$
- Pot = Irr (1- ε) + Efl

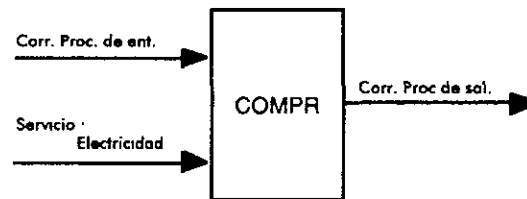
3.3 Bomba



Balance de Exergia: $\text{Corriente de Proceso de entrada} + \text{Electricidad (W)} = \text{Corriente de Proceso de salida} + \text{Irreversibilidades}$

Extte	=	Corriente de Proceso de entrada + Electricidad (W)
Extts	=	Corriente de Proceso de salida
Exnts	=	Electricidad (W)
Exntp	=	Corr. Proceso de salida - Corr. Proceso de entrada
Efl	=	-
Exuts	=	Extts - Efl
Irr	=	Extte - Extts
Pex	=	Irr + Efl
η	=	Extts/Extte
ϵ	=	Exntp/Exnts
Pot	=	Irr (1- ϵ) + Efl

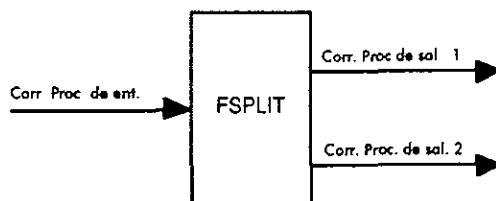
3.4 Compresor



Balance de Exergia: Corriente de Proceso de entrada + Electricidad (W) = Corriente de Proceso de salida + Irreversibilidades

Extte	=	Corriente de Proceso de entrada + Electricidad (W)
Extts	=	Corriente de Proceso de salida
Exnts	=	Electricidad (W)
Exntp	=	Corr. Proceso de salida - Corr. Proceso de entrada
Efl	=	-
Exuts	=	Extts - Efl
Irr	=	Extte - Extts
Pex	=	Irr + Efl
η	=	Extts/Extte
ϵ	=	Exntp/Exnts
Pot	=	Irr (1- ϵ) + Efl

3.4 Divisor

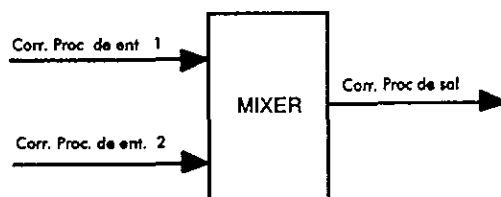


Balance de Exergía: $\text{Corr. Proc. ent.} = \text{Corr. Proc. sal. (1 + 2)} + \text{Irreversibilidades}$

- Extte = Corriente de Proceso de entrada
- Extts = Corr. Proceso de entrada 1 + Corr. Proceso de entrada 2
- Exnts = *
- Exntp = *
- Efl = -
- Exuts = Extts - Efl
- Irr = Extte - Extts
- Pex = Irr + Efl
- h = Extts/Extte
- E = Exntp/Exnts *
- Pot = Irr (1-ε) + Efl

* Ver Cálculo de la Efectividad para equipos con transferencia de masa
 Nota: (-) es igual a cero (0)

3.5 Mezclador



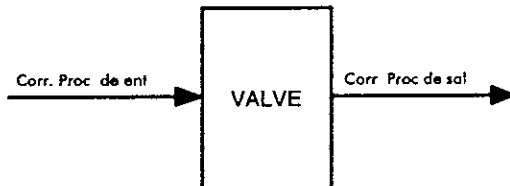
Balance de Exergía: $\text{Corriente de Proceso de entrada (1 + 2)} = \text{Corriente de Proceso de salida} + \text{Irreversibilidades}$

$$\begin{aligned}
 \text{Extte} &= \text{Corr. Proceso de entrada 1} + \text{Corr. Proceso de entrada 2} \\
 \text{Extts} &= \text{Corriente de Proceso de salida} \\
 \text{Exnts} &= * \\
 \text{Exntp} &= * \\
 \text{Efl} &= - \\
 \text{Exuts} &= \text{Extts} - \text{Efl} \\
 \text{Irr} &= \text{Extte} - \text{Extts} \\
 \text{Pex} &= \text{Irr} + \text{Efl} \\
 \eta &= \text{Extts}/\text{Extte} \\
 \varepsilon &= \text{Exntp}/\text{Exnts} * \\
 \text{Pot} &= \text{Irr} (1-\varepsilon) + \text{Efl}
 \end{aligned}$$

* Ver Cálculo de la Efectividad para equipos con transferencia de masa

Nota : (-) es igual a cero (0)

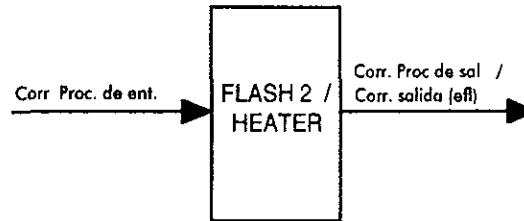
3.6 Válvula



BalancedeExergia: Corr. Proceso ent. = Corr. Proceso sal. + Irreversibilidades

$$\begin{aligned}
 \text{Extte} &= \text{Corriente de Proceso de entrada} \\
 \text{Extts} &= \text{Corriente de Proceso de salida} \\
 \text{Exnts} &= \text{Corr. de Proceso de entrada} - \text{Corr. de Proceso de salida} \\
 \text{Exntp} &= - \\
 \text{Efl} &= - \\
 \text{Exuts} &= \text{Extts} - \text{Efl} \\
 \text{Irr} &= \text{Extte} - \text{Extts} \\
 \text{Pex} &= \text{Irr} + \text{Efl} \\
 \eta &= \text{Extts}/\text{Extte} \\
 \varepsilon &= \text{Exntp}/\text{Exnts} \\
 \text{Pot} &= \text{Irr} (1-\varepsilon) + \text{Efl}
 \end{aligned}$$

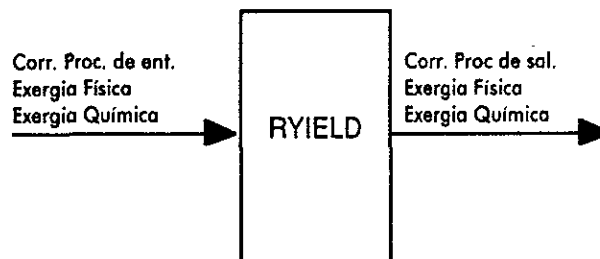
3.7 Separador/Secador



Balance de Exergia: Corriente de Proceso de entrada =
Corriente de Proceso de salida + Irreversibilidades

- Extte = Corriente de Proceso de entrada
- Extts = Corriente de salida (Proceso / Efluentes)
- Exnts = -
- Exntp = -
- Efl = -
- Exuts = Extts - Efl
- Irr = Extte - Extts
- Pex = Irr + Efl
- η = Extts/Extte
- ϵ = Exntp/Exnts
- Pot = Irr (1- ϵ) + Efl

3.8 Reactor

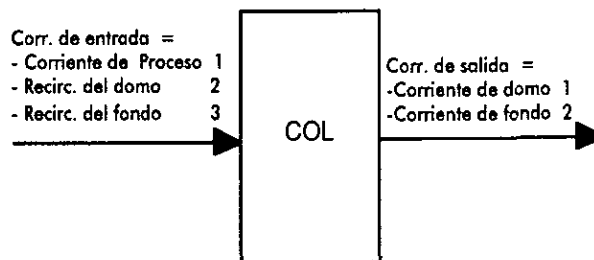


Balance de Exergia: Corriente de Proceso de entrada =
Corriente de Proceso de salida + Irreversibilidades

- Extte = Corriente de Proceso de entrada
- Extts = Corriente de Proceso de salida

$$\begin{aligned}
 \text{Exnts} &= \text{Ex. química corr. de entrada} - \text{Ex. química corr. de salida} \\
 \text{Exntp} &= \text{Exergia física corr. de salida} - \text{Exergia física corr. de entrada} \\
 \text{Efl} &= - \\
 \text{Exuts} &= \text{Extts} - \text{Efl} \\
 \text{Irr} &= \text{Extte} - \text{Extts} \\
 \text{Pex} &= \text{Irr} + \text{Efl} \\
 \eta &= \text{Extts} / \text{Extte} \\
 \varepsilon &= \text{Exntp} / \text{Exnts} \\
 \text{Pot} &= \text{Irr} (1 - \varepsilon) + \text{Efl}
 \end{aligned}$$

3.9 Columna



Balace de Exergia: Corrientes de entrada (1 + 2 + 3) = Corrientes de salida (1 + 2) + Irreversibilidades

$$\begin{aligned}
 \text{Extte} &= \text{Corrientes de entrada} (1 + 2 + 3) \\
 \text{Extts} &= \text{Corrientes de salida} (1 + 2) \\
 \text{Exnts} &= * \\
 \text{Exntp} &= * \\
 \text{Efl} &= - \\
 \text{Exuts} &= \text{Extts} - \text{Efl} \\
 \text{Irr} &= \text{Extte} - \text{Extts} \\
 \text{Pex} &= \text{Irr} + \text{Efl} \\
 \eta &= \text{Extts} / \text{Extte} \\
 \varepsilon &= \text{Exntp} / \text{Exnts} * \\
 \text{Pot} &= \text{Irr} (1 - \varepsilon) + \text{Efl}
 \end{aligned}$$

* Ver Cálculo de la Efectividad para equipos con transferencia de masa
 Nota : (-) es igual a cero (0)

4. Cálculo de efectividad por Grupo de Equipos

4.1 Intercambiador de Calor

$$\varepsilon = \Sigma (\text{Excfs} - \text{Excfe}) / \Sigma (\text{Excce} - \text{Exccs})$$

4.2 Aeroenfriador (Soloaire)

$$\varepsilon = \Sigma (\text{AC}) / \Sigma ((\text{Excpe} - \text{Excps}) + W)$$

4.3 Bomba, Compresor

$$\varepsilon = \Sigma (\text{Excps} - \text{Excpe}) / \Sigma W$$

4.4 Mezclador, Columna

$$\varepsilon^* = \Sigma (\text{Exntp}) / \Sigma (\text{Exnts})$$

4.5 Reactor

$$\varepsilon = \Sigma (\text{Exfs} - \text{Exfe}) / \Sigma (\text{Exqe} - \text{Exqs})$$

5. Cálculo de la Efectividad para equipos con transferencia de masa

5.1 Identificar las corrientes de entrada y salida

5.2 Tabular las exergias absolutas (por unidad de tiempo) y el flujo másico (por unidad de tiempo) de cada corriente.

5.3 Establecer parejas de corrientes entre cada corriente de entrada y todas y cada una de las corrientes de salida.

5.4 Para cada una de las parejas, identificar la corriente de mayor flujo másico.

* Este cálculo se realiza de acuerdo al punto 5. Cálculo de la Efectividad para equipos con transferencia de masa.

5.5 Para cada una de las parejas, dividir la exergía absoluta de la corriente de flujo mayor entre su flujo másico y multiplicar por el flujo másico de la corriente de flujo menor. El resultado de esta operación es la exergía absoluta ponderada de la corriente de flujo mayor con respecto a la de la corriente de flujo menor de cada pareja.

5.6 Identificar cuales de las parejas de corrientes (entrada→salida) representan una ganancia en exergía absoluta y cuales representan una pérdida de exergía absoluta (considerando para el efecto la exergía absoluta ponderada de las corrientes de flujo mayor).

5.7 Sumar todas las diferencias de exergía de las parejas de corrientes que representan ganancias.

5.8 Sumar todas las diferencias de exergía de las parejas de corrientes que representan pérdidas.

5.9 Dividir ganancias entre pérdidas. El resultado de esta operación es la efectividad exérgica del equipo.

ANEXO 2

DATOS DE LA SIMULACION

A Continuación se muestran los datos de la Simulación de la Unidad Isomerizadora de Pentanos y Hexanos, la cual cuenta con 100 corrientes y 47 equipos.

La simulación fue realizada en el simulador de procesos ASPEN PLUS 9.3.2.

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO 1	ISO 2	ISO 3A	ISO4	ISO5	ISO6
	Alimen HC					
	NAFTA LIG.	EA-301	DV-304	GA-301	EA-301	EA-302
	EA-301	DA-301	GA-301	EA-301	EA-302	EA-303
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	3.509900E-14	3.509900E-14	5.978900E-28	5.978900E-28	5.978900E-28	5.978900E-28
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	4.043800E-11	4.043800E-11	6.776400E-24	6.776400E-24	6.776400E-24	6.776400E-24
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	5.380760E-04	5.380760E-04	6.810400E-20	6.810400E-20	6.810400E-20	6.810400E-20
C5H12-2	0.219176	0.219176	1.833090E-05	1.833090E-05	1.833090E-05	1.833090E-05
C5H12-1	0.337361	0.337361	0.233554	0.233554	0.233554	0.233554
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.015963	0.015963	0.027638	0.027638	0.027638	0.027638
C6H14-2	0.101430	0.101430	0.175612	0.175612	0.175612	0.175612
C6H14-3	0.056652	0.056652	0.098086	0.098086	0.098086	0.098086
C6H14-1	0.131733	0.131733	0.228079	0.228079	0.228079	0.228079
C6H12-2	0.001147	0.001147	0.001986	0.001986	0.001986	0.001986
C6H12-1	0.006223	0.006223	0.010774	0.010774	0.010774	0.010774
C6H6	0.020241	0.020241	0.035045	0.035045	0.035045	0.035045
C7H16-1	1.194620E-08	1.194620E-08	2.068330E-08	2.068330E-08	2.068330E-08	2.068330E-08
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	1.602710E-04	1.602710E-04	6.371900E-18	6.371900E-18	6.371900E-18	6.371900E-18
PC	0.094910	0.094910	0.164325	0.164325	0.164325	0.164325
Total Flow KMOL/HR	637.168800	637.168800	368.020800	368.020800	368.020800	368.020800
Total Flow KG/HR	49999.910000	49999.910000	30585.890000	30585.890000	30585.890000	30585.890000
Temperature C	16.000000	54.000000	116.058800	116.336000	62.058270	88.000000
Pressure BAR	61.814480	61.814480	4.540000	7.191440	7.191440	7.191440
Vapor Frac	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Liquid Frac	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Enthalpy J/KG	-2.333000E+06	-2.2479E+06	-2.015200E+06	-2.014400E+06	-2.15340E+06	-2.089500E+06
Entropy J/KG-K	-7396.403000	-7120.378000	-6591.047000	-6590.505000	-6974.138000	-6790.584000
Density KG/CUM	654.957300	616.293500	564.321000	564.005700	627.100500	598.906300
Average MW	78.472010	78.472010	83.109140	83.109140	83.109140	83.109140
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	1.482650E-08	1.482650E-08	2.423510E-08	2.423510E-08	2.423510E-08	2.423510E-08
MERCAPTAN FRACTION	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04
BASIC-N2	0.000000	0.000000				
PARAFFIN FRACTION	1.006027	1.006027	1.006027	1.006027	1.006027	1.006027
NAPHTHENE FRACTION	0.124454	0.124454	0.124454	0.124454	0.124454	0.124454
AROMATIC FRACTION	0.511036	0.511036	0.511036	0.511036	0.511036	0.511036
TOTAL-N2	0.000000	0.000000				
ANILPT C	57.803790	57.803790	57.803790	57.803790	57.803790	57.803790
FREEZEPT C	-125.906200	-125.906200	-113.559400	-113.559400	-113.559400	-113.559400
POURPT C	-115.525700	-115.525700	-115.525700	-115.525700	-115.525700	-115.525700
APISTD	85.098470	85.098470	79.472340	79.472340	79.472340	79.472340
SGSTD	0.653325	0.653325	0.670735	0.670735	0.670735	0.670735
WAT	12.744050	12.744050	12.639500	12.639500	12.639500	12.639500
QVALNET J/KG	4.466150E+07	4.46615E+07	4.448690E+07	4.448690E+07	4.448690E+07	4.448690E+07
ROC-NO	110.007900	110.007900	110.007900	110.007900	110.007900	110.007900
MOC-NO	95.520560	95.520560	95.520560	95.520560	95.520560	95.520560
T=98.90000						
KVISC CS	0.096311	0.096311	0.096311	0.096311	0.096311	0.096311

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO7	ISO8	ISO9	ISO10	ISO11	ISO12
	EA-303	EA-302	EC-301	EA-304	FA-301	FA-301
	EA-302	EC-301	EA-304	FA-305	GA-302	MISSING
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	LIQUID	
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	5.978900E-28	5.978900E-28	5.978900E-28	5.978900E-28	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	6.776400E-24	6.776400E-24	6.776400E-24	6.776400E-24	0.000000	0.000000
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	6.810400E-20	6.810400E-20	6.810400E-20	6.810400E-20	0.000000	0.000000
C5H12-2	1.833090E-05	1.833090E-05	1.833090E-05	1.833090E-05	1.833090E-05	0.000000
C5H12-1	0.233554	0.233554	0.233554	0.233554	0.233554	0.000000
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.027638	0.027638	0.027638	0.027638	0.027638	0.000000
C6H14-2	0.175612	0.175612	0.175612	0.175612	0.175612	0.000000
C6H14-3	0.098086	0.098086	0.098086	0.098086	0.098086	0.000000
C6H14-1	0.228079	0.228079	0.228079	0.228079	0.228079	0.000000
C6H12-2	0.001986	0.001986	0.001986	0.001986	0.001986	0.000000
C6H12-1	0.010774	0.010774	0.010774	0.010774	0.010774	0.000000
C6H6	0.035045	0.035045	0.035045	0.035045	0.035045	0.000000
C7H16-1	2.068330E-08	2.068330E-08	2.068330E-08	2.068330E-08	2.068330E-08	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	6.371900E-18	6.371900E-18	6.371900E-18	6.371900E-18	0.000000	0.000000
PC	0.164325	0.164325	0.164325	0.164325	0.164325	0.000000
Total Flow KMOL/HR	368.020800	368.020800	368.020800	368.020800	368.020800	0.000000
Total Flow KG/HR	30585.890000	30585.890000	30585.890000	30585.890000	30585.890000	0.000000
Temperature C	121.000000	97.354800	55.000000	38.000000	36.615460	
Pressure BAR	7.191440	7.191440	7.191440	7.191440	7.191440	7.191440
Vapor Frac	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
Liquid Frac	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	
Enthalpy J/KG	-2.001500E+06	-2.0654E+06	-2.170100E+06	-2.209000E+06	-2.209000E+06	
Entropy J/KG-K	-6557.439000	-6724.589000	-7024.354000	-7146.042000	-7125.958000	
Density KG/CUM	557.907200	587.838100	634.381700	651.833900	653.203100	
Average MW	83.109140	83.109140	83.109140	83.109140	83.109140	
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	2.423510E-08	2.423510E-08	2.423510E-08	2.423510E-08	2.423510E-08	
MERCAPTAN FRACTION	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04	
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION	1.006027	1.006027	1.006027	1.006027	1.006027	
NAPHTHENE FRACTION	0.124454	0.124454	0.124454	0.124454	0.124454	
AROMATIC FRACTION	0.511036	0.511036	0.511036	0.511036	0.511036	
TOTAL-N2						
ANILPT C	57.803790	57.803790	57.803790	57.803790	57.803790	
FREEZEPT C	-113.559400	-113.559400	-113.559400	-113.559400	-113.559400	
POURPT C	-115.525700	-115.525700	-115.525700	-115.525700	-115.525700	
APISTD	79.472340	79.472340	79.472340	79.472340	79.472340	
SGSTD	0.670735	0.670735	0.670735	0.670735	0.670735	
WAT	12.639500	12.639500	12.639500	12.639500	12.639500	
QVALNET J/KG	4.448690E+07	4.448690E+07	4.448690E+07	4.448690E+07	4.448690E+07	
ROC-NO	110.007900	110.007900	110.007900	110.007900	110.007900	
MOC-NO	95.520560	95.520560	95.520560	95.520560	95.520560	
T=98.90000						
KVISC CS	0.096311	0.096311	0.096311	0.096311	0.096311	

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO13 Alim Sec. Reac.	ISO14 Alim. Hidrogeno	ISO15	ISO16	ISO17	ISO18
	GA-302	H ₂	MX-301	FA-302	GB-301	EA-310
	MX-302	MX-301	FA-302	GB-301	EA-310	FA-303
	LIQUID	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
Mole Frac						
H2	0.000000	0.838966	0.838966	0.838966	0.838966	0.838966
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.044703	0.044703	0.044703	0.044703	0.044703
C2H6	0.000000	0.044791	0.044791	0.044791	0.044791	0.044791
C3H8	0.000000	0.048359	0.048359	0.048359	0.048359	0.048359
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.000000	0.010302	0.010302	0.010302	0.010302	0.010302
C5H12-2	1.833090E-05	6.480340E-05	6.480340E-05	6.480340E-05	6.480340E-05	6.480340E-05
C5H12-1	0.233554	2.437430E-05	2.437430E-05	2.437430E-05	2.437430E-05	2.437430E-05
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.027638	4.063600E-05	4.063600E-05	4.063600E-05	4.063600E-05	4.063600E-05
C6H14-2	0.175612	2.566120E-04	2.566120E-04	2.566120E-04	2.566120E-04	2.566120E-04
C6H14-3	0.098086	1.650990E-04	1.650990E-04	1.650990E-04	1.650990E-04	1.650990E-04
C6H14-1	0.228079	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-2	0.001986	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-1	0.010774	5.192520E-05	5.192520E-05	5.192520E-05	5.192520E-05	5.192520E-05
C6H6	0.035045	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	2.068330E-08	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.003530	0.003530	0.003530	0.003530	0.003530
PC	0.164325	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	368.020800	168.619000	185.877600	185.877600	185.877600	185.877600
Total Flow KG/HR	30585.890000	1231.037000	1357.037000	1357.037000	1357.037000	1357.037000
Temperature C	39.985660	38.000000	37.962030	37.953550	70.576760	38.000000
Pressure BAR	36.513320	28.471870	28.373800	28.177670	38.180450	37.101720
Vapor Frac	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Liquid Frac	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Enthalpy J/KG	-2.201800E+06	-2.04280E+06	-2.04300E+06	-2.04300E+06	-1.88550E+06	-2.044600E+06
Entropy J/KG-K	-7138.812000	-7460.437000	-7456.979000	-7448.980000	-7318.973000	-7771.945000
Density KG/CUM	650.173200	7.934781	7.908788	7.855044	9.574166	10.298410
Average MW	83.109140	7.300701	7.300701	7.300701	7.300701	7.300701
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	2.423510E-08	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION	2.487860E-04					
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION	1.006027					
NAPHTHENE FRACTION	0.124454					
AROMATIC FRACTION	0.511036					
TOTAL-N2						
ANILPT C	57.803790					
FREEZEPT C	-113.559400	-190.515700	-190.515700	-190.515700	-190.515700	-190.515700
POURPT C	-115.525700					
APISTD	79.472340	225.795400	225.795400	225.795400	225.795400	225.795400
SGSTD	0.670735	0.395959	0.395959	0.395959	0.395959	0.395959
WAT	12.639500	11.801630	11.801630	11.801630	11.801630	11.801630
QVALNET J/KG	4.448690E+07	6.38088E+07	6.38088E+07	6.38088E+07	6.38088E+07	6.38088E+07
ROC-NO	110.007900					
MOC-NO	95.520560					
T=98.90000						
KVISC CS	0.096311					

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO19	ISO20	ISO21	ISO22	ISO23	ISO24
	FA-303 DV-301 VAPOR	FA-303 MISSING	DV-301 VX-301 VAPOR	VX-301 MX-301 VAPOR	DV-301 FA-304 VAPOR	Mezcla 13-59 MX-302 EA-305 MIXED
Mole Frac						
H2	0.838966	0.000000	0.838966	0.838966	0.838966	0.263614
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.044703	0.000000	0.044703	0.044703	0.044703	0.014046
C2H6	0.044791	0.000000	0.044791	0.044791	0.044791	0.014074
C3H8	0.048359	0.000000	0.048359	0.048359	0.048359	0.015195
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.010302	0.000000	0.010302	0.010302	0.010302	0.003237
C5H12-2	6.480340E-05	0.000000	6.480340E-05	6.480340E-05	6.480340E-05	3.293310E-05
C5H12-1	2.437430E-05	0.000000	2.437430E-05	2.437430E-05	2.437430E-05	0.160176
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	4.063600E-05	0.000000	4.063600E-05	4.063600E-05	4.063600E-05	0.018967
C6H14-2	2.566120E-04	0.000000	2.566120E-04	2.566120E-04	2.566120E-04	0.120513
C6H14-3	1.650990E-04	0.000000	1.650990E-04	1.650990E-04	1.650990E-04	0.067318
C6H14-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.156414
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001362
C6H12-1	5.192520E-05	0.000000	5.192520E-05	5.192520E-05	5.192520E-05	0.007405
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.024034
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.418440E-08
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.003530	0.000000	0.003530	0.003530	0.003530	0.001109
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.112692
Total Flow KMOL/HR	185.877600	0.000000	17.258620	17.258620	168.619000	536.639700
Total Flow KG/HR	1357.037000	0.000000	126.000000	126.000000	1231.037000	31816.930000
Temperature C	37.963870		37.963870	37.632400	37.963870	41.588570
Pressure BAR	36.219120	36.219120	36.219120	28.373800	36.219120	36.219120
Vapor Frac	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	0.269179
Liquid Frac	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.730821
Enthalpy J/KG	-2.044600E+06		-2.044600E+06	-2.044600E+06	-2.044600E+06	-2.195700E+06
Entropy J/KG-K	-7744.074000		-7744.074000	-7462.075000	-7744.074000	-7149.402000
Density KG/CUM	10.058780		10.058780	7.917315	10.058780	204.391600
Average MW	7.300701		7.300701	7.300701	7.300701	59.289170
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	2.329740E-08
MERCAPTAN FRACTION						2.487860E-04
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						1.006027
NAPHTHENE FRACTION						0.124454
AROMATIC FRACTION						0.511036
TOTAL-N2						
ANILPT C						57.803790
FREEZEPT C	-190.515700		-190.515700	-190.515700	-190.515700	-116.536900
POURPT C						-115.525700
APISTD	225.795400		225.795400	225.795400	225.795400	85.133770
SGSTD	0.395959		0.395959	0.395959	0.395959	0.653197
WAT	11.801630		11.801630	11.801630	11.801630	12.118100
QUALNET J/KG	6.380880E+07		6.380880E+07	6.380880E+07	6.380880E+07	4.523440E+07
ROC-NO	95.520560					110.007900
MOC-NO						95.520560
T=98.90000						
KVISC CS	0.096311					0.096311

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO19	ISO20	ISO21	ISO22	ISO23	ISO24 Mezcla 13-59
	FA-303 DV-301 VAPOR	FA-303 MISSING	DV-301 VX-301 VAPOR	VX-301 MX-301 VAPOR	DV-301 FA-304 VAPOR	MX-302 EA-305 MIXED
Mole Frac						
H2	0.838966	0.000000	0.838966	0.838966	0.838966	0.263614
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.044703	0.000000	0.044703	0.044703	0.044703	0.014046
C2H6	0.044791	0.000000	0.044791	0.044791	0.044791	0.014074
C3H8	0.048359	0.000000	0.048359	0.048359	0.048359	0.015195
1-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.010302	0.000000	0.010302	0.010302	0.010302	0.003237
C5H12-2	6.480340E-05	0.000000	6.480340E-05	6.480340E-05	6.480340E-05	3.293310E-05
C5H12-1	2.437430E-05	0.000000	2.437430E-05	2.437430E-05	2.437430E-05	0.160176
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	4.063600E-05	0.000000	4.063600E-05	4.063600E-05	4.063600E-05	0.018967
C6H14-2	2.566120E-04	0.000000	2.566120E-04	2.566120E-04	2.566120E-04	0.120513
C6H14-3	1.650990E-04	0.000000	1.650990E-04	1.650990E-04	1.650990E-04	0.067318
C6H14-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.156414
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001362
C6H12-1	5.192520E-05	0.000000	5.192520E-05	5.192520E-05	5.192520E-05	0.007405
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.024034
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.418440E-08
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.003530	0.000000	0.003530	0.003530	0.003530	0.001109
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.112692
Total Flow KMOL/HR	185.877600	0.000000	17.258620	17.258620	168.619000	536.639700
Total Flow KG/HR	1357.037000	0.000000	126.000000	126.000000	1231.037000	31816.930000
Temperature C	37.963870		37.963870	37.632400	37.963870	41.588570
Pressure BAR	36.219120	36.219120	36.219120	28.373800	36.219120	36.219120
Vapor Frac	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	0.269179
Liquid Frac	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.730821
Enthalpy J/KG	-2.044600E+06		-2.044600E+06	-2.044600E+06	-2.044600E+06	-2.195700E+06
Entropy J/KG-K	-7744.074000		-7744.074000	-7462.075000	-7744.074000	-7149.402000
Density KG/CUM	10.058780		10.058780	7.917315	10.058780	204.391600
Average MW	7.300701		7.300701	7.300701	7.300701	59.289170
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	2.329740E-08
MERCAPTAN FRACTION						2.487860E-04
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						1.006027
NAPHTHENE FRACTION						0.124454
AROMATIC FRACTION						0.511036
TOTAL-N2						
ANILPT C						57.803790
FREEZEPT C	-190.515700		-190.515700	-190.515700	-190.515700	-116.536900
POURPT C						-115.525700
APISTD	225.795400		225.795400	225.795400	225.795400	85.133770
SGSTD	0.395959		0.395959	0.395959	0.395959	0.653197
WAT	11.801630		11.801630	11.801630	11.801630	12.118100
QUALNET J/KG	6.380880E+07		6.380880E+07	6.380880E+07	6.380880E+07	4.523440E+07
ROC-NO	95.520560					110.007900
MOC-NO						95.520560
T=98.90000						
KVISC CS	0.096311					0.096311

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO25	ISO26	ISO27 Alim Reactor 1	ISO28	ISO29 Alim Reactor 2	ISO30 Producto Reac
	EA-305 EA-306 MIXED	EA-306 EA-307 MIXED	EA-307 DC-301 MIXED	DC-301 EA-306 VAPOR	EA-306 DC-302 VAPOR	DC-302 EA-305 MIXED
Mole Frac						
H2	0.263614	0.263614	0.263614	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.014046	0.014046	0.014046	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.014074	0.014074	0.014074	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	0.015195	0.015195	0.015195	1.250550E-05	1.250550E-05	1.250550E-05
1-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.001626	0.001626	0.001626
C4H10-1	0.003237	0.003237	0.003237	0.001355	0.001355	0.001355
C5H12-2	3.293310E-05	3.293310E-05	3.293310E-05	0.388703	0.388703	0.388703
C5H12-1	0.160176	0.160176	0.160176	0.124472	0.124472	0.124472
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.127980	0.127980	0.127980
C6H14-5	0.018967	0.018967	0.018967	0.042051	0.042051	0.042051
C6H14-2	0.120513	0.120513	0.120513	0.137121	0.137121	0.137121
C6H14-3	0.067318	0.067318	0.067318	0.073131	0.073131	0.073131
C6H14-1	0.156414	0.156414	0.156414	0.045707	0.045707	0.045707
C6H12-2	0.001362	0.001362	0.001362	0.028081	0.028081	0.028081
C6H12-1	0.007405	0.007405	0.007405	0.029759	0.029759	0.029759
C6H6	0.024034	0.024034	0.024034	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	1.418440E-08	1.418440E-08	1.418440E-08	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.001109	0.001109	0.001109	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.112692	0.112692	0.112692	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	536.639700	536.639700	536.639700	403.880100	403.880100	403.880100
Total Flow KG/HR	31816.930000	31816.930000	31816.930000	31816.930000	31816.930000	31816.930000
Temperature C	118.000000	155.000000	177.000000	220.116800	179.667700	202.314500
Pressure BAR	33.571330	33.571330	33.571330	30.000000	30.000000	30.000000
Vapor Frac	0.324359	0.382878	0.650294	1.000000	1.000000	0.310434
Liquid Frac	0.675641	0.617122	0.349706	0.000000	0.000000	0.689566
Enthalpy J/KG	-1.978100E+06	-1.85430E+06	-1.708200E+06	-1.708200E+06	-1.83200E+06	-1.83200E+06
Entropy J/KG-K	-6485.385000	-6156.836000	-5889.756000	-5760.796000	-5869.700000	-6048.750000
Density KG/CUM	143.561000	117.181600	85.771210	95.429080	62.773490	225.671500
Average MW	59.289170	59.289170	59.289170	78.778140	78.778140	78.778140
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	2.329740E-08	2.329740E-08	2.329740E-08	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION	2.487860E-04	2.487860E-04	2.487860E-04			
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION	1.006027	1.006027	1.006027			
NAPHTHENE FRACTION	0.124454	0.124454	0.124454			
AROMATIC FRACTION	0.511036	0.511036	0.511036			
TOTAL-N2						
ANILPT C	57.803790	57.803790	57.803790			
FREEZEPT C	-116.536900	-116.536900	-116.536900	-136.675300	-136.675300	-136.675300
POURPT C	-115.525700	-115.525700	-115.525700			
APISTD	85.133770	85.133770	85.133770	86.527430	86.527430	86.527430
SGSTD	0.653197	0.653197	0.653197	0.649022	0.649022	0.649022
WAT	12.118100	12.118100	12.118100	12.824090	12.824090	12.824090
QVALNET J/KG	4.523440E+07	4.52344E+07	4.523440E+07	4.470870E+07	4.47087E+07	4.470870E+07
ROC-NO	110.007900	110.007900	110.007900			
MOC-NO	95.520560	95.520560	95.520560			
T=98.90000						
KVISC CS	0.096311	0.096311	0.096311			

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO31	ISO32	ISO33	ISO34	ISO35	ISO36
	EA-305 VX-304 LIQUID	VX-304 DA-302 LIQUID	DV-305 EA-303 LIQUID	EA-303 DV-302 LIQUID	EC-302 EA-308 LIQUID	EA-308 MX-305 LIQUID
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	1.250550E-05	1.250550E-05	1.248150E-05	1.248150E-05	1.248150E-05	1.248150E-05
I-BUTANO	0.001626	0.001626	0.001626	0.001626	0.001626	0.001626
C4H10-1	0.001355	0.001355	0.001355	0.001355	0.001355	0.001355
C5H12-2	0.388703	0.388703	0.388703	0.388703	0.388703	0.388703
C5H12-1	0.124472	0.124472	0.124472	0.124472	0.124472	0.124472
C6H14-4	0.127980	0.127980	0.127980	0.127980	0.127980	0.127980
C6H14-5	0.042051	0.042051	0.042051	0.042051	0.042051	0.042051
C6H14-2	0.137121	0.137121	0.137121	0.137121	0.137121	0.137121
C6H14-3	0.073131	0.073131	0.073131	0.073131	0.073131	0.073131
C6H14-1	0.045707	0.045707	0.045707	0.045707	0.045707	0.045707
C6H12-2	0.028081	0.028081	0.028081	0.028081	0.028081	0.028081
C6H12-1	0.029759	0.029759	0.029759	0.029759	0.029759	0.029759
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	403.880100	403.880100	403.880100	403.880100	381.843600	381.843600
Total Flow KG/HR	31816.930000	31816.930000	31816.930000	31816.930000	30080.930000	30080.930000
Temperature C	154.078600	153.544000	157.672500	131.074200	55.000000	38.000000
Pressure BAR	33.570000	25.529870	15.527090	15.527090	10.819900	10.819900
Vapor Frac	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Liquid Frac	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Enthalpy J/KG	-2.049500E+06	-2.049500E+06	-2.032700E+06	-2.117400E+06	-2.319500E+06	-2.359100E+06
Entropy J/KG-K	-6527.937000	-6523.617000	-6478.971000	-6681.624000	-7231.103000	-7354.772000
Density KG/CUM	480.132400	481.062600	473.756300	516.745100	610.281100	627.988000
Average MW	78.778140	78.778140	78.778140	78.778140	78.778140	78.778140
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	-136.675300	-136.675300	-136.675300	-136.675300	-136.675300	-136.675300
POURPT C						
APISTD	86.527430	86.527430	86.527430	86.527430	86.527430	86.527430
SGSTD	0.649022	0.649022	0.649022	0.649022	0.649022	0.649022
WAT	12.824090	12.824090	12.824090	12.824090	12.824090	12.824090
QUALNET J/KG	4.470870E+07	4.470870E+07	4.470870E+07	4.470870E+07	4.470870E+07	4.470870E+07
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO37 Isómero separado	ISO38 A Sec. Isom. Pto	ISO39 Isomero Producto	ISO40 Gas a Neutralizar	ISO41 Agua Enf	ISO42 Agua Retorno
	DV-303 EA-309 LIQUID	EA-309 MX-303 LIQUID	MX-303 LIQUID	FA-307 MISSING	EA-308 LIQUID	EA-308 LIQUID
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000
H2S	8.306600E-14	8.306600E-14	3.321800E-14	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	9.571400E-11	9.571400E-11	7.490150E-06	0.000000	0.000000	0.000000
I-BUTANO	0.000000	0.000000	9.760280E-04	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.001274	0.001274	0.001323	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-2	0.518832	0.518832	0.440742	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-1	0.479296	0.479296	0.266368	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.076800	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	7.153600E-11	7.153600E-11	0.025234	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-2	3.386000E-10	3.386000E-10	0.082286	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-3	1.159000E-10	1.159000E-10	0.043886	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-1	9.701700E-11	9.701700E-11	0.027429	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-2	9.179600E-13	9.179600E-13	0.016851	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-1	1.659000E-12	1.659000E-12	0.017859	0.000000	0.000000	0.000000
C6H6	1.282800E-10	1.282800E-10	5.129900E-11	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	3.794030E-04	3.794030E-04	1.517250E-04	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	269.146700	269.146700	673.026900	0.000000	1051.739000	1051.739000
Total Flow KG/HR	19414.000000	19414.000000	51230.930000	0.000000	18947.370000	18947.370000
Temperature C	71.963950	38.000000	38.812260		32.000000	47.042870
Pressure BAR	3.432328	3.432328	3.432328	15.527090	3.432328	3.432328
Vapor Frac	0.000000	0.000000	0.000000		0.000000	0.000000
Liquid Frac	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000
Enthalpy J/KG	-2.332400E+06	-2.41300E+06	-2.379500E+06		-1.58360E+07	-1.577300E+07
Entropy J/KG-K	-7204.276000	-7429.734000	-7365.272000		-8959.093000	-8758.340000
Density KG/CUM	566.280000	604.701500	618.253200		995.241500	989.504500
Average MW	72.131660	72.131660	76.120180		18.015280	18.015280
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	4.339000E-12	4.339000E-12	1.644300E-12		0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	-145.357200	-145.357200	-139.965300		0.000000	0.000000
POURPT C						
APISTD	93.961790	93.961790	89.344690		10.000000	10.000000
SGSTD	0.627659	0.627659	0.640757		1.000000	1.000000
WAT	13.043940	13.043940	12.916050		8.757596	8.757596
QVALNET J/KG	4.493650E+07	4.49365E+07	4.479510E+07		0.000000	0.000000
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO43	ISO44	ISO45	ISO46	ISO47	ISO48
	Agua de Enf.	Agua de Retorno	Agua de Enf.	Agua de Retorno	Agua de Enf	Agua de Retorno
	EA-309 LIQUID	EA-309 LIQUID	EA-304 LIQUID	EA-304 LIQUID	EA-310 LIQUID	EA-310 LIQUID
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	2394.458000	2394.458000	1128.866000	1128.866000	774.927900	774.927900
Total Flow KG/HR	43136.840000	43136.8400	20336.840000	20336.840000	13960.5400	13960.540000
Temperature C	32.000000	40.695100	32.000000	46.022160	32.000000	35.707240
Pressure BAR	3.432328	3.432328	3.432328	3.432328	3.432328	3.432328
Vapor Frac	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Liquid Frac	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Enthalpy J/KG	-1.583600E+07	-1.580E+07	-1.58360E+07	-1.57780E+07	-1.584E+07	-1.58210E+07
Entropy J/KG-K	-8959.093000	-8841.88700	-8959.093000	-8771.663000	-8959.09300	-8908.718000
Density KG/CUM	995.241500	992.134400	995.241500	989.946700	995.241500	993.990700
Average MW	18.015280	18.015280	18.015280	18.015280	18.015280	18.015280
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
POURPT C						
APISTD	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
SGSTD	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
WAT	8.757596	8.757596	8.757596	8.757596	8.757596	8.757596
QUALNET J/KG	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO49	ISO50	ISO53	ISO54	ISO55	ISO56
	Vapor de Media	Cond de Media	Agua de Enf	Agua de Retorno	Vapor de Media	Cond de Media
	EA-307 VAPOR	EA-307 VAPOR	EA-316 LIQUID	EA-316 LIQUID	EA-313 VAPOR	EA-313 VAPOR
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	1032.457000	1032.457000	21435.490000	21435.490000	1381.302000	1381.302000
Total Flow KG/HR	18600.000000	18600.000000	3.861660E+05	3.861660E+05	24884.550000	24884.550000
Temperature C	318.000000	215.429200	32.000000	32.033510	318.000000	283.890600
Pressure BAR	17.240090	17.240090	3.432328	3.432328	17.240090	17.240090
Vapor Frac	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000
Liquid Frac	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000
Enthalpy J/KG	-1.289800E+07	-1.315E+07	-1.58360E+07	-1.58360E+07	-1.299E+07	-1.29760E+07
Entropy J/KG-K	-2496.085000	-2899.537000	-8959.093000	-8958.635000	-2496.085000	-2621.773000
Density KG/CUM	6.563285	8.222352	995.241500	995.230700	6.563285	7.025918
Average MW	18.015280	18.015280	18.015280	18.015280	18.015280	18.015280
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
POURPT C						
APISTD	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
SGSTD	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
WAT	8.757596	8.757596	8.757596	8.757596	8.757596	8.757596
QUALNET J/KG	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO57	ISO58	ISO59	ISO60	ISO61	ISO62
	Vapor de Baja	Cond. de Baja	Alim. Sec Reac			
	EA-312 VAPOR	EA-312 MIXED	FA-304 MX-302 VAPOR	FA-305 FA-301 LIQUID	DV-302 EC-302 LIQUID	VX-302 EA-311 MIXED
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.838966	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	5.978900E-28	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.044703	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.044791	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	0.000000	0.000000	0.048359	6.776400E-24	1.2482E-05	1.248150E-05
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001626	0.001626
C4H10-1	0.000000	0.000000	0.010302	6.810400E-20	0.001355	0.001355
C5H12-2	0.000000	0.000000	6.480340E-05	1.833090E-05	0.388703	0.388703
C5H12-1	0.000000	0.000000	2.437430E-05	0.233554	0.124472	0.124472
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.127980	0.127980
C6H14-5	0.000000	0.000000	4.063600E-05	0.027638	0.042051	0.042051
C6H14-2	0.000000	0.000000	2.566120E-04	0.175612	0.137121	0.137121
C6H14-3	0.000000	0.000000	1.650990E-04	0.098086	0.073131	0.073131
C6H14-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.228079	0.045707	0.045707
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.001986	0.028081	0.028081
C6H12-1	0.000000	0.000000	5.192520E-05	0.010774	0.029759	0.029759
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.035045	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	2.068330E-08	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.003530	6.371900E-18	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.164325	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	6793.581000	6793.581000	168.619000	368.020800	381.843600	22.036570
Total Flow KG/HR	1.223880E+05	1.2239E+05	1231.037000	30585.890000	30080.9300	1736.000000
Temperature C	318.000000	205.000200	37.963870	38.000100	131.074200	119.392100
Pressure BAR	17.240090	17.240090	36.219120	7.191440	15.527090	7.583705
Vapor Frac	1.000000	0.545843	1.000000	0.000000	0.000000	0.128644
Liquid Frac	0.000000	0.454157	0.000000	1.000000	1.000000	0.871356
Enthalpy J/KG	-1.289800E+07	-1.405E+07	-2.04460E+06	-2.20900E+06	-2.117E+06	-2.11740E+06
Entropy J/KG-K	-2496.085000	-4808.616000	-7744.074000	-7146.042000	-6681.624000	-6676.058000
Density KG/CUM	6.563285	15.351090	10.058780	651.833800	516.745100	133.365200
Average MW	18.015280	18.015280	7.300701	83.109140	78.778140	78.778140
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	2.423510E-08	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION				2.487860E-04		
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION				1.006027		
NAPHTHENE FRACTION				0.124454		
AROMATIC FRACTION				0.511036		
TOTAL-N2						
ANILPT C				57.803790		
FREEZEPT C	0.000000	0.000000	-190.515700	-113.559400	-136.675300	-136.675300
POURPT C				-115.525700		
APISTD	10.000000	10.000000	225.795400	79.472340	86.527430	86.527430
SGSTD	1.000000	1.000000	0.395959	0.670735	0.649022	0.649022
WAT	8.757596	8.757596	11.801630	12.639500	12.824090	12.824090
QVALNET J/KG	0.000000	0.000000	6.380880E+07	4.448690E+07	4.4709E+07	4.470870E+07
ROC-NO				110.007900		
MOC-NO				95.520560		
T=98.90000						
KVISC CS				0.096311		

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO63	ISO64	ISO65	ISO66	ISO67 A Sec Isom Pto	ISO68
	EA-311 BH-301 VAPOR	BH-301 FA-306 VAPOR	MX-305 MX-303 LIQUID	FA-306 EA-314 VAPOR	EA-314 MX-305 LIQUID	DV-302 VX-302 LIQUID
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	1.248150E-05	1.2482E-05	1.248150E-05	1.248150E-05	1.2482E-05	1.248150E-05
I-BUTANO	0.001626	0.001626	0.001626	0.001626	0.001626	0.001626
C4H10-1	0.001355	0.001355	0.001355	0.001355	0.001355	0.001355
C5H12-2	0.388703	0.388703	0.388703	0.388703	0.388703	0.388703
C5H12-1	0.124472	0.124472	0.124472	0.124472	0.124472	0.124472
C6H14-4	0.127980	0.127980	0.127980	0.127980	0.127980	0.127980
C6H14-5	0.042051	0.042051	0.042051	0.042051	0.042051	0.042051
C6H14-2	0.137121	0.137121	0.137121	0.137121	0.137121	0.137121
C6H14-3	0.073131	0.073131	0.073131	0.073131	0.073131	0.073131
C6H14-1	0.045707	0.045707	0.045707	0.045707	0.045707	0.045707
C6H12-2	0.028081	0.028081	0.028081	0.028081	0.028081	0.028081
C6H12-1	0.029759	0.029759	0.029759	0.029759	0.029759	0.029759
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	22.036570	22.036570	403.880100	22.036570	22.036570	22.036570
Total Flow KG/HR	1736.000000	1736.000000	31816.930000	1736.000000	1736.000000	1736.000000
Temperature C	172.000000	316.000000	38.217830	315.560000	38.000000	131.074200
Pressure BAR	6.897240	6.897240	4.543644	5.916575	4.707192	15.527090
Vapor Frac	1.000000	1.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
Liquid Frac	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000
Enthalpy J/KG	-1.759000E+06	-1.380E+06	-2.35910E+06	-1.37990E+06	-2.360E+06	-2.11740E+06
Entropy J/KG-K	-5778.199000	-5043.63000	-7351.393000	-5027.975000	-7353.03400	-6681.624000
Density KG/CUM	16.317360	11.497660	627.766100	9.819904	627.988000	516.745100
Average MW	78.778140	78.778140	-78.778140	78.778140	78.778140	78.778140
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	-136.675300	-136.675300	-136.675300	-136.675300	-136.675300	-136.675300
POURPT C						
APISTD	86.527430	86.527430	86.527430	86.527430	86.527430	86.527430
SGSTD	0.649022	0.649022	0.649022	0.649022	0.649022	0.649022
WAT	12.824090	12.824090	12.824090	12.824090	12.824090	12.824090
QUALNET J/KG	4.470870E+07	4.4709E+07	4.470870E+07	4.470870E+07	4.4709E+07	4.470870E+07
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO69 Agua de Enf	ISO70 Agua de Retorno	ISO71 Vapor de Baja	ISO72 Cond. de Baja	ISO82	ISO83 Aire Atmosferico
	EA-314 LIQUID	EA-314 LIQUID	EA-311 VAPOR	EA-311 VAPOR	FA-302 MISSING	EC-302A VAPOR
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	1656.594000	1656.594000	388.559100	388.559100	0.000000	10937.360000
Total Flow KG/HR	29844.000000	29844.000000	7000.000000	7000.000000	0.000000	3.166470E+05
Temperature C	32.000000	45.660230	180.000000	138.869600		25.000000
Pressure BAR	3.432328	3.432328	3.432328	3.432328	28.177670	1.000000
Vapor Frac	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000		1.000000
Liquid Frac	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000		0.000000
Enthalpy J/KG	-1.583600E+07	-1.57790E+07	-1.315000E+07	-1.323900E+07		-237.453600
Entropy J/KG-K	-8959.093000	-8776.397000	-2248.844000	-2435.139000		3.058766
Density KG/CUM	995.241500	990.101700	1.669019	1.845698		1.168189
Average MW	18.015280	18.015280	18.015280	18.015280		28.950910
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		0.000000
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		-214.000000
POURPT C						
APISTD	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000		28.970300
SGSTD	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		0.881783
WAT	8.757596	8.757596	8.757596	8.757596		5.911057
QVALNET J/KG	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		0.000000
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANÁLISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO84 Aire Caliente	ISO85 Aire Atmosférico	ISO86 Aire Caliente	ISO87 Vapor de Alta	ISO88 Cond de Alta	ISO89
	EC-302B	EC-301A	EC-301B	BH-301	BH-301	DA-302
	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	MIXED	EC-304 VAPOR
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.965068
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.031958
C4H10-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.002556
C5H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	3.970210E-04
C5H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.135540E-05
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.365220E-07
C6H14-5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	5.100680E-09
C6H14-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	9.344300E-09
C6H14-3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.346260E-09
C6H14-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.713500E-10
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.697400E-10
C6H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.962600E-11
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000E+00
Total Flow KMOL/HR	10937.360000	7291.575000	7291.575000	55.508430	55.508430	96.795110
Total Flow KG/HR	3.166470E+05	2.11098E+05	2.110980E+05	1000.000000	1000.000000	4316.325000
Temperature C	44.412160	25.000000	40.393230	345.000000	233.814400	47.409640
Pressure BAR	1.100000	1.000000	1.100000	29.972290	29.972290	15.527090
Vapor Frac	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.802377	1.000000
Liquid Frac	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.197623	0.000000
Enthalpy J/KG	19222.250000	-237.453600	15187.720000	-1.286600E+07	-1.352400E+07	-2.375600E+06
Entropy J/KG-K	38.923060	3.058766	26.137310	-2684.754000	-3849.588000	-6576.525000
Density KG/CUM	1.206278	1.168189	1.221779	11.133300	17.925490	34.269130
Average MW	28.950910	28.950910	28.950910	18.015280	18.015280	44.592380
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	-214.000000	-214.000000	-214.000000	0.000000	0.000000	-186.326300
POURPT C						
APISTD	28.970300	28.970300	28.970300	10.000000	10.000000	145.901300
SGSTD	0.881783	0.881783	0.881783	1.000000	1.000000	0.510078
WAT	5.911057	5.911057	5.911057	8.757596	8.757596	14.659810
QUALNET J/KG	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	4.629810E+07
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO 90	ISO 91	ISO92	ISO93	ISO94	ISO95
	EA-316	FA-307	EC-304	DA-301	EC-303	FA-308
	FA-307	DA-302	EA-316	EC-303	FA-308	DV-303
	LIQUID	LIQUID	LIQUID	VAPOR	LIQUID	LIQUID
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0.000000	0.000000	0.000000	8.306600E-14	8.306600E-14	8.306600E-14
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	0.965068	0.965068	0.965068	9.571400E-11	9.571400E-11	9.571400E-11
I-BUTANO	0.031958	0.031958	0.031958	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-1	0.002556	0.002556	0.002556	0.001274	0.001274	0.001274
C5H12-2	3.970210E-04	3.970210E-04	3.970210E-04	0.518832	0.518832	0.518832
C5H12-1	2.135540E-05	2.135540E-05	2.135540E-05	0.479296	0.479296	0.479296
C6H14-4	1.365220E-07	1.365220E-07	1.365220E-07	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	5.100680E-09	5.100680E-09	5.100680E-09	7.153600E-11	7.153600E-11	7.153600E-11
C6H14-2	9.344300E-09	9.344300E-09	9.344300E-09	3.386000E-10	3.386000E-10	3.386000E-10
C6H14-3	2.346260E-09	2.346260E-09	2.346260E-09	1.159000E-10	1.159000E-10	1.159000E-10
C6H14-1	2.713500E-10	2.713500E-10	2.713500E-10	9.701700E-11	9.701700E-11	9.701700E-11
C6H12-2	1.697400E-10	1.697400E-10	1.697400E-10	9.179600E-13	9.179600E-13	9.179600E-13
C6H12-1	1.962600E-11	1.962600E-11	1.962600E-11	1.659000E-12	1.659000E-12	1.659000E-12
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	1.282800E-10	1.282800E-10	1.282800E-10
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	7.451100E-35	7.451100E-35	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	3.794030E-04	3.794030E-04	3.794030E-04
PC	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	96.795110	96.795110	96.795110	5503.019000	5503.019000	5503.019000
Total Flow KG/HR	4316.325000	4316.325000	4316.325000	3.969420E+05	3.969420E+05	3.969420E+05
Temperature C	38.000000	37.999870	42.000000	86.155360	71.963960	71.963950
Pressure BAR	15.530000	15.527090	15.530000	4.543644	3.432328	3.432328
Vapor Frac	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
Liquid Frac	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000
Enthalpy J/KG	-2.700500E+06	-2.700500E+06	-2.688000E+06	-1.991300E+06	-2.332400E+06	-2.332400E+06
Entropy J/KG-K	-7593.754000	-7593.752000	-7553.813000	-6231.318000	-7204.276000	-7204.276000
Density KG/CUM	475.190200	475.190400	468.181900	12.230080	566.280000	566.280000
Average MW	44.592380	44.592380	44.592380	72.131660	72.131660	72.131660
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	0.000000	0.000000	0.000000	4.339000E-12	4.339000E-12	4.339000E-12
MERCAPTAN FRACTION						
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						
NAPHTHENE FRACTION						
AROMATIC FRACTION						
TOTAL-N2						
ANILPT C						
FREEZEPT C	-186.326300	-186.326300	-186.326300	-145.357200	-145.357200	-145.357200
POURPT C						
APISTD	145.901300	145.901300	145.901300	93.961790	93.961790	93.961790
SGSTD	0.510078	0.510078	0.510078	0.627659	0.627659	0.627659
WAT	14.659810	14.659810	14.659810	13.043940	13.043940	13.043940
QVALNET J/KG	4.629810E+07	4.629810E+07	4.629810E+07	4.493650E+07	4.493650E+07	4.493650E+07
ROC-NO						
MOC-NO						
T=98.90000						
KVISC CS						

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO96	ISO97	ISO98	ISO99	ISO100	ISO101
	DV-303 DA-301 LIQUID	FA-308 VAPOR	DA-302 DV-305 LIQUID	DV-305 EA-313 LIQUID	EA-313 DA-302 VAPOR	DA-301 DV-304 LIQUID
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	8.306600E-14	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	5.978900E-28
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	9.571400E-11	0.000000	1.248150E-05	1.248140E-05	1.248140E-05	6.776400E-24
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.001626	0.001626	0.001626	0.000000
C4H10-1	0.001274	0.003042	0.001355	0.001355	0.001355	6.810400E-20
C5H12-2	0.518832	0.572560	0.388703	0.388703	0.388703	1.833090E-05
C5H12-1	0.479296	0.423534	0.124472	0.124472	0.124472	0.233554
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.127980	0.127980	0.127980	0.000000
C6H14-5	7.153600E-11	0.000000	0.042051	0.042051	0.042051	0.027638
C6H14-2	3.386000E-10	0.000000	0.137121	0.137121	0.137121	0.175612
C6H14-3	1.159000E-10	0.000000	0.073131	0.073131	0.073131	0.098086
C6H14-1	9.701700E-11	0.000000	0.045707	0.045707	0.045707	0.228079
C6H12-2	9.179600E-13	0.000000	0.028081	0.028081	0.028081	0.001986
C6H12-1	1.659000E-12	0.000000	0.029759	0.029759	0.029759	0.010774
C6H6	1.282800E-10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.035045
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.068330E-08
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	3.794030E-04	6.488330E-04	0.000000	0.000000	0.000000	6.371900E-18
PC	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.164325
Total Flow KMOL/HR	5233.872000	4.844860E-04	504.850200	100.970000	100.970000	5968.572000
Total Flow KG/HR	3.775280E+05	0.034935	39771.160000	7954.231000	7954.231000	4.960430E+05
Temperature C	71.963950	71.963950	157.672500	157.672500	170.000000	114.946200
Pressure BAR	3.432328	3.432328	15.527090	15.527090	15.530000	4.543644
Vapor Frac	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000
Liquid Frac	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000	0.000000	1.000000
Enthalpy J/KG	-2.332400E+06	-2.017000E+06	-2.032700E+06	-2.032700E+06	-1.789300E+06	-2.015200E+06
Entropy J/KG-K	-7204.276000	-6279.602000	-6478.971000	-6478.971000	-5917.970000	-6594.747000
Density KG/CUM	566.280000	9.509055	473.756300	473.756300	45.204370	565.761600
Average MW	72.131660	72.106790	78.778140	78.778140	78.778140	83.109140
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	4.339000E-12	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	2.423510E-08
MERCAPTAN FRACTION						2.487860E-04
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION						1.006027
NAPHTHENE FRACTION						0.124454
AROMATIC FRACTION						0.511036
TOTAL-N2						
ANILPT C						57.803790
FREEZEPT C	-145.357200	-146.966300	-136.675300	-136.675300	-136.675300	-113.559400
POURPT C						-115.525700
APISTD	93.961790	94.109660	86.527430	86.527430	86.527430	79.472340
SGSTD	0.627659	0.627237	0.649022	0.649022	0.649022	0.670735
WAT	13.043940	13.045390	12.824090	12.824090	12.824090	12.639500
QUALNET J/KG	4.493650E+07	4.49336E+07	4.470870E+07	4.470870E+07	4.470870E+07	4.448690E+07
ROC-NO						110.007900
MOC-NO						95.520560
T=98.90000						
KVISC CS						0.096311

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO102	ISO103	ISO105	ISO107	ISO109 Aire Atmosférico	ISO110
	DV-304 EA-312 LIQUID	EA-312 DA-301 VAPOR	EC-302A EC-302B VAPOR	EC-301A EC-301B VAPOR	EC-304A VAPOR	EC-304A EC-304B VAPOR
Mole Frac						
H2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2O	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	5.978900E-28	5.978900E-28	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CH4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C2H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C3H8	6.776400E-24	6.776400E-24	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C4H10-I	6.810400E-20	6.810400E-20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-2	1.833090E-05	1.833090E-05	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C5H12-1	0.233554	0.233554	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.027638	0.027638	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-2	0.175612	0.175612	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-3	0.098086	0.098086	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-1	0.228079	0.228079	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-2	0.001986	0.001986	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-1	0.010774	0.010774	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H6	0.035045	0.035045	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	2.068330E-08	2.068330E-08	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22DIPR	6.371900E-18	6.371900E-18	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0.164325	0.164325	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	5600.551000	5600.551000	10937.360000	7291.575000	3454.123000	3454.123000
Total Flow KG/HR	4.654570E+05	4.654570E+05	3.166470E+05	2.110980E+05	1.00000.000000	1.00000.000000
Temperature C	114.946200	120.000000	25.253990	25.253990	25.000000	25.006700
Pressure BAR	4.543644	4.543644	1.002141	1.002141	1.000000	1.000006
Vapor Frac	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Liquid Frac	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Enthalpy J/KG	-2.015200E+06	-1.712500E+06	16.885400	16.885400	-237.453600	-230.742300
Entropy J/KG-K	-6594.746000	-5812.983000	3.297253	3.297348	3.058766	3.063933
Density KG/CUM	565.761600	13.049960	1.169691	1.169691	1.168189	1.168233
Average MW	83.109140	83.109140	28.950910	28.950910	28.950910	28.950910
*** ALL PHASES ***						
SULFUR FRACTION	2.423510E-08	2.423510E-08	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION	2.487860E-04	2.487860E-04				
BASIC-N2						
PARAFFIN FRACTION	1.006027	1.006027				
NAPHTHENE FRACTION	0.124454	0.124454				
AROMATIC FRACTION	0.511036	0.511036				
TOTAL-N2						
ANILPT C	57.803790	57.803790				
FREEZEPT C	-113.559400	-113.559400	-214.000000	-214.000000	-214.000000	-214.000000
POURPT C	-115.525700	-115.525700				
APISTD	79.472340	79.472340	28.970300	28.970300	28.970300	28.970300
SGSTD	0.670735	0.670735	0.881783	0.881783	0.881783	0.881783
WAT	12.639500	12.639500	5.911057	5.911057	5.911057	5.911057
QVALNET J/KG	4.448690E+07	4.448690E+07	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ROC-NO	110.007900	110.007900				
MOC-NO	95.520560	95.520560				
T=98.90000						
KVISC CS	0.096311	0.096311				

ANALISIS EXERGICO DE LA UNIDAD ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS Y SU INFLUENCIA EN LA REFORMULACION DE LAS GASOLINAS

CORRIENTE	ISO111	ISO113	ISO114	ISO115
	Aire Caliente	Aire Atmosférico		Aire Caliente
	EC-304B	EC-303A	EC-303A	EC-303B
	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
Mole Frac				
H2	0 000000	0 000000	0.000000	0.000000
H2O	0 000000	0.000000	0.000000	0.000000
H2S	0 000000	0 000000	0.000000	0.000000
CH4	0 000000	0.000000	0 000000	0 000000
C2H6	0.000000	0.000000	0 000000	0.000000
C3H8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
I-BUTANO	0.000000	0.000000	0.000000	0 000000
C4H10-1	0.000000	0.000000	0.000000	0 000000
C5H12-2	0 000000	0.000000	0.000000	0 000000
C5H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0 000000
C6H14-4	0 000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-5	0.000000	0.000000	0.000000	0 000000
C6H14-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H14-1	0.000000	0 000000	0.000000	0 000000
C6H12-2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H12-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C6H6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
C7H16-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SOSA	0 000000	0.000000	0 000000	0 000000
22DIPR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
PC	0 000000	0.000000	0.000000	0.000000
Total Flow KMOL/HR	3454 123000	1.50936E+05	1.509360E+05	1.509360E+05
Total Flow KG/HR	100000.000000	4.36973E+06	4.369730E+06	4 369730E+06
Temperature C	38.444760	25.000000	25 331290	56.199540
Pressure BAR	1.000000	1 000000	1.002791	1.000000
Vapor Frac	1 000000	1.000000	1.000000	1.000000
Liquid Frac	0.000000	0 000000	0.000000	0 000000
Enthalpy J/KG	13253.300000	-237.453600	94.292490	31077 450000
Entropy J/KG-K	47.316380	3.058766	3 370568	102 948900
Density KG/CUM	1.117656	1 168189	1.170146	1 057277
Average MW	28 950910	28 950910	28.950910	-28.950910
*** ALL PHASES ***				
SULFUR FRACTION	0 000000	0 000000	0.000000	0.000000
MERCAPTAN FRACTION				
BASIC-N2				
PARAFFIN FRACTION				
NAPHTHENE FRACTION				
AROMATIC FRACTION				
TOTAL-N2				
ANILPT C				
FREEZEPT C	-214.000000	-214 000000	-214.000000	-214 000000
POURPT C				
APISTD	28.970300	28 970300	28 970300	28 970300
SGSTD	0.881783	0.881783	0.881783	0.881783
WAT	5.911057	5.911057	5.911057	5 911057
QUALNET J/KG	0 000000	0.000000	0 000000	0.000000
ROC-NO				
MOC-NO				
T=98 90000				
KVISC CS				