



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
Ministerio de Hidrocarburos y Energía

Ministerio de
HIDROCARBUROS
& ENERGÍA

INDUSTRI

Ministerio de
HIDROCARBUROS
& ENERGÍA

**VICEMINISTERIO DE INDUSTRIALIZACIÓN, COMERCIALIZACIÓN, TRANSPORTE Y
ALMACENAJE DE HIDROCARBUROS**

**INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS
HIDROCARBUROS RUMBO AL
BICENTENARIO**

La Paz-Bolivia

INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS AL BICENTENARIO

MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

Gestión de:

Ing. Juan José Sosa Soruco

Ministro de Hidrocarburos y Energía

Dr. Ing. Alvaro Arnéz Prado

Viceministro de Industrialización, Comercialización

Transporte y Almacenaje de Hidrocarburos

Supervisión y Aprobación:

Ing. Alberto Escalante Camacho

Director General de Industrialización y Refinación

Elaboración:

Ing. Juan Orlando Rojas Villarpando

Colaboración

Ing. Lourdes Abastoflor Céspedes



EVO MORALES AYMA

***PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DEL
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA***



ALVARO MARCELO GARCIA LINERA

*VICEPRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA*

PRESENTACIÓN

El 1 de mayo de 2006, el presidente Evo Morales promulgó el D.S. 28701 Héroes del Chaco, decretando la nacionalización de los hidrocarburos que ha permitido un incremento para el Estado del 700% respecto a los ingresos por recaudaciones. Producto de ello y de la recuperación de empresas estratégicas como Y.P.F.B., hemos tomado el timón del desarrollo y en el Estado Plurinacional de Bolivia, estamos trabajando para devolverle la dignidad a todos los bolivianos y para que nuestros recursos naturales sean explotados, tratados y comercializarlos con soberanía y perspectiva de futuro, pensando siempre en proteger tanto a las futuras generaciones, como a la madre tierra.

Ahora, con una Bolivia en constante crecimiento, podemos plantearnos retos ambiciosos que en el pasado sólo veíamos en los países denominados “potencias”. La industrialización es un hecho palpable que genera esperanza y trabajo, y que en un futuro próximo nos permitirá tener estabilidad energética y mayores ingresos económicos para el país, abriendo la puerta a nuevas exportaciones.

Proyectos como Rio Grande, Gran Chaco, la planta de Amoniaco y Urea son solo un ejemplo de la nueva Bolivia que avanza. El proceso de cambio está en marcha, impulsado por los movimientos sociales que primero en las calles y luego en las urnas, han recuperado su derecho a gobernar, a través de un líder indígena que está transformando el país.

Desde este ministerio velamos porque el compromiso del Presidente Evo Morales de disminuir la extrema pobreza y hacer de Bolivia un país industrializado se cumpla, como parte de la Agenda Patriótica y su consolidación el 2025.

¡Por una Bolivia Digna, Soberana e Industrializada!

Ing. Juan José Sosa Soruco

MINISTRO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA



Bolivia atraviesa un hito histórico al iniciar la industrialización de sus hidrocarburos, siendo el proyecto de Amoniaco - Urea la punta de lanza de una visión que incluso va más allá del 2025, y es la de industrializar al país desarrollando su árbol petroquímico.

Por medio de la industrialización buscamos materializar el sueño de cambiar una matriz económica tradicional de exportación de materias primas, a una de generación de valor agregado que otorgue mayores ingresos y empleos a la población.

Los recursos de los bolivianos utilizados para financiar de manera soberana los proyectos petroquímicos generan el compromiso de obtener resultados para aportar al vivir bien. Además, Industrializando nuestros hidrocarburos no solo apalancaremos nuestra economía futura, también planteamos una revolución científica y tecnológica en la juventud que modificará la pirámide socio-económica formando activistas de la industrialización.

En ese contexto, el Ministerio de Hidrocarburos y Energía como ente cabeza del sector energético, presenta la Política de Industrialización de Hidrocarburos para la Agenda del Bicentenario.

¡Que Viva Bolivia!



Dr. Ing. Alvaro Arnéz Prado
**VICEMINISTRO DE INDUSTRIALIZACIÓN, COMERCIALIZACIÓN
TRANSPORTE Y ALMACENAJE DE HIDROCARBUROS**

CONTENIDO

1. LA INDUSTRIALIZACIÓN EN BOLIVIA
2. SEPARACIÓN DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL
3. ÁRBOL PETROQUÍMICO BOLIVIANO
4. ESTRATEGIA BOLIVIANA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS
5. POLOS PETROQUÍMICOS EN ESTUDIO PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL GAS NATURAL
6. PROYECTOS INMEDIATOS DE YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS (YPFB)
 - 6.1. Complejo Petroquímico de Amoniaco y Urea
 - 6.2. Complejo de Etileno-Polietileno
 - 6.3. Planta de Propileno - Polipropileno
 - 6.4. Planta de Gas a Líquidos (*Gas To Liquids-GTL*)
7. PROYECTOS FUTUROS DE YPFB
 - 7.1. Planta de Aromáticos (BTX)
 - 7.2. Planta de Poliestireno (PS)
8. PROYECTOS INMEDIATOS DE LA EMPRESA BOLIVIANA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS (EBIH)
 - 8.1. Planta de Petrocasas del Bicentenario (Petroquímica de tercera generación)
 - 8.2. Planta de Tuberías, Accesorios y Films de Polietileno (Petroquímica de tercera generación)
 - 8.3. Complejo Petroquímico del Metanol
9. PROYECTOS FUTUROS DE LA EBIH

- 9.1. Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)
- 9.2. Planta de Óxido de Etileno – Glicoles
- 9.3. Planta de Nitrato de Amonio
- 10. CONCLUSIONES

LISTA DE ILUSTRACIONES

- Ilustración 1: Unidad Criogénica y Unidad de Fraccionamiento de Líquidos del Gas Natural
- Ilustración 2: Cadena Petroquímica del Gas Natural
- Ilustración 3: Zonificación de los Polos Petroquímicos en Bolivia
- Ilustración 4: La Urea como Fertilizante
- Ilustración 5: Precios e Importaciones de la Urea en Bolivia
- Ilustración 6: Micro-localización de la Planta de Amoniaco y Urea en Bulo Bulo - Cochabamba
- Ilustración 7: Modelo de la Planta de Amoniaco y Urea de Bulo Bulo
- Ilustración 8: Proceso de Obtención de Amoniaco
- Ilustración 9: Proceso de Obtención de Urea
- Ilustración 10: Usos Finales del Polietileno
- Ilustración 11: Precios e Importaciones de Polietileno en Bolivia
- Ilustración 12: Representación Gráfica de la Reacción de Polimerización del Etileno
- Ilustración 13: Proceso de Obtención de Polietileno
- Ilustración 14: Cadena Petroquímica del Etano y Propano
- Ilustración 15: Precios e Importaciones de Polipropileno en Bolivia
- Ilustración 16: Proceso de Obtención de Propileno
- Ilustración 17: Representación Gráfica de la Reacción de polimerización del Propileno
- Ilustración 18: Proceso de Polimerización de Polipropileno
- Ilustración 19: Proyecto *GTL (Gas To Liquids)*
- Ilustración 20: Proceso de Obtención de Diesel GTL
- Ilustración 21: Proceso de Obtención de Compuestos Aromáticos a partir de Nafta
- Ilustración 22: Usos del Estireno
- Ilustración 23: Usos Finales del Poliestireno Expandido
- Ilustración 24: Proceso de Obtención de Etilbenceno
- Ilustración 25: Diagrama del Proceso de Obtención de Estireno

- Ilustración 26: Proceso de Obtención de Poliestireno Expandible
- Ilustración 27: Proyecto Planta de Producción de *Kits* de Petrocasas
- Ilustración 28: Proyecto Planta de Producción de Tuberías, Accesorios para Redes de Gas Natural y Films de Polietileno
- Ilustración 29: Usos del Metanol a nivel mundial
- Ilustración 30: Proceso de Obtención de Metanol
- Ilustración 31: Precios e Importaciones de PVC en Bolivia
- Ilustración 32: Proceso de Obtención de PVC
- Ilustración 33: Usos de Óxido de Etileno
- Ilustración 34: Proceso de Obtención de Óxido de Etileno
- Ilustración 35: Proceso de Obtención de MEG, DEG y TEG
- Ilustración 36: Usos principales del Nitrato de Amonio
- Ilustración 37: Precios e Importaciones de Nitrato de Amonio a Bolivia
- Ilustración 38: Proceso de Obtención de Ácido Nítrico
- Ilustración 39: Proceso de Obtención de Nitrato de Amonio

GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIATURAS

ANFO	Nitrato de amonio fuel oil (<i>Ammonium Nitrate Fuel Oil</i>)
BTX	compuestos aromáticos (benceno, tolueno y xilenos)
bpd	barriles por día
Catalizador	sustancia que aumenta la velocidad de una reacción química sin sufrir ningún cambio permanente
CO	monóxido de carbono
CO ₂	dióxido de carbono
CH ₄	metano
DEG	di-etilen glicol
DME	di-metil éter
EBIH	Empresa Boliviana de Industrialización de Hidrocarburos
EDC	di-cloroetano
EPS	poliestireno expandible
GNL	gas natural licuado
GTL	gas a líquidos (<i>Gas to Liquids</i>)
H ₂	hidrógeno
HNO ₃	ácido nítrico
mcd	metros cúbicos por día
MMmcd	millones de metros cúbicos por día
MM	millones
MEG	mono-etilen glicol
MTG	metanol a gasolina (<i>methanol to gasoline</i>)
Nafta	gasolina
NH ₃	amoniaco
N ₂	nitrógeno
PS	poliestireno

PEBD	polietileno de baja densidad
PEAD	polietileno de alta densidad
PP	polipropileno
PELBD	polietileno lineal de baja densidad
PVC	policloruro de vinilo (<i>polyvinyl chloride</i>)
PET	polietilen tereftalato
PE	polietileno
SM	monómero estireno
TEG	tri-etilen glicol
tm	tonelada métrica
tmd	tonelada métrica por día
úrea	fertilizante nitrogenado
VCM	monómero cloruro de vinilo
YPFB	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos

1. LA INDUSTRIALIZACIÓN EN BOLIVIA

Son hechos ya conocidos por toda la población boliviana sobre los intentos por industrializar nuestro gas natural, sin ningún éxito debido a diferentes factores pero principalmente políticos y económicos; más aún cuando los gobiernos neoliberales de turno, solamente priorizaron la exportación de gas natural a precios bajos y sin valor agregado, salvaguardando los intereses de las empresas transnacionales y dejando de lado los anhelos del pueblo boliviano de llegar a ser un país desarrollado e industrializado.

Esta situación da un giro de 180 grados, gracias al decidido impulso del Presidente Evo Morales Ayma y a la nacionalización de los hidrocarburos que ha permitido obtener importantes ingresos económicos a nuestro país. Con la inauguración de la Planta de Separación de Líquidos de Río Grande en fecha 10 de mayo de 2013, se establece el eslabón previo y obligatorio para el inicio de la industrialización del gas natural, puesto que esta Planta permitirá obtener gas licuado de petróleo (GLP) e iso-pentano para su industrialización en futuras plantas petroquímicas. Del mismo modo la Planta de Separación de Líquidos de Gran Chaco, será una realidad hasta el segundo semestre de la gestión 2014, con la cual obtendremos etano, propano, butano y gasolinas; el etano y el propano servirán de materia prima para el Complejo de Petroquímico del Gran Chaco, para la obtención de Polietileno y Polipropileno.

En el último trimestre de la gestión 2015 entrará en operación el Complejo de Amoniaco y Urea de Carrasco, cuyo contrato llave en mano para su construcción fue firmado el 13 de septiembre de 2012, con la empresa surcoreana Samsung Engineering Co. Ltd., haciendo realidad la primera planta petroquímica del país.

Asimismo, atendiendo necesidades sociales y productivas de la población boliviana es que la Empresa Boliviana de Industrialización de Hidrocarburos (EBIH), implementará los proyectos “Planta de Producción de Kits de Petrocasas del Bicentenario” y la “Planta de Producción de Tuberías y Accesorios para Redes de Gas Natural y Films de Polietileno”, cuya puesta en operación se dará a fines de la gestión 2014. A este tipo de plantas se las denomina “Industrias de Transformación de Plásticos”, porque forman parte de la última etapa de la cadena petroquímica, aprovechando los productos obtenidos en las plantas petroquímicas, para su transformación en productos de consumo final.

Bajo esta perspectiva, el Ministerio de Hidrocarburos y Energía a través del Viceministerio de Industrialización, Comercialización Transporte y Almacenaje de Hidrocarburos, y con la finalidad de operativizar y materializar la política del Gobierno Central para la industrialización de los hidrocarburos, ha priorizado los siguientes proyectos:

✚ Proyectos inmediatos de YPFB

Complejo Petroquímico de Amoniaco y Urea

Complejo de Etileno y Polietileno

Planta de Propileno y Polipropileno

Planta de Gas a Líquidos (*Gas To Liquids-GTL*)

✚ Proyectos futuros de YPFB

Planta de Aromáticos

Planta de Poliestireno

✚ Proyectos inmediatos de la EBIH

Planta de Petrocasas del Bicentenario (Petroquímica de tercera generación)

Planta de Tuberías, Accesorios y Films de Polietileno (Petroquímica de tercera generación):

Complejo Petroquímico del Metanol

✚ Proyectos futuros de la EBIH

Planta de Policloruro de Vinilo

Planta de Óxido de Etileno – Glicoles

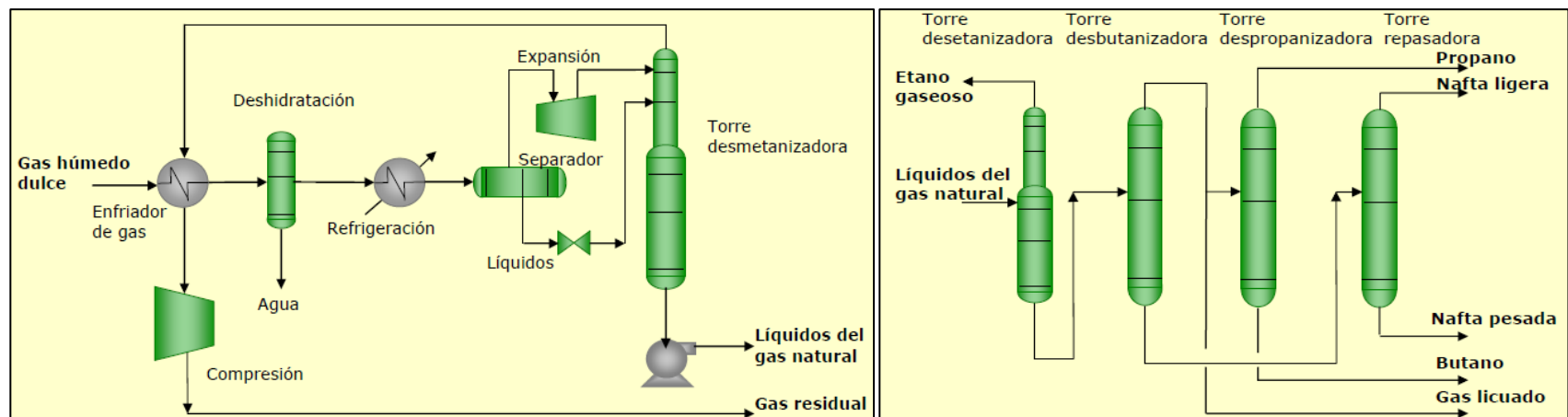
Planta de Nitrato de Amonio

2. SEPARACIÓN DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL

Como ya se mencionó anteriormente, las Plantas de Separación de Líquidos permiten el fraccionamiento de los líquidos del gas natural en etano, propano, butanos y pentanos superiores (gasolina natural). Este tipo de planta se basa en procesos criogénicos, luego de la remoción de impurezas el gas natural rico entra a una sección de deshidratado, donde se remueve el agua casi en su totalidad, posteriormente es enfriado por corrientes frías del proceso y por un sistema de refrigeración mecánica externo. Mediante el enfriamiento y la alta presión del gas es posible la condensación de los hidrocarburos pesados (propano, butano, etc.), los cuales son separados y enviados a la torre desmetanizadora. El gas obtenido en la separación pasa a un turboexpansor, donde se provoca un diferencial de presión (expansión súbita), enfriando aún más esta corriente, la cual se alimenta en la parte superior de la torre desmetanizadora.

El gas residual (básicamente metano), es re-comprimido y re-inyectado a los sistemas de ductos para su distribución y comercialización, en cambio los líquidos del gas natural son enviados a las torres fraccionadoras, que consisten en varias etapas de separación que se logran a través de la destilación. Con lo anterior se logra la separación de cada uno de los productos, como se muestra en la Ilustración 1.

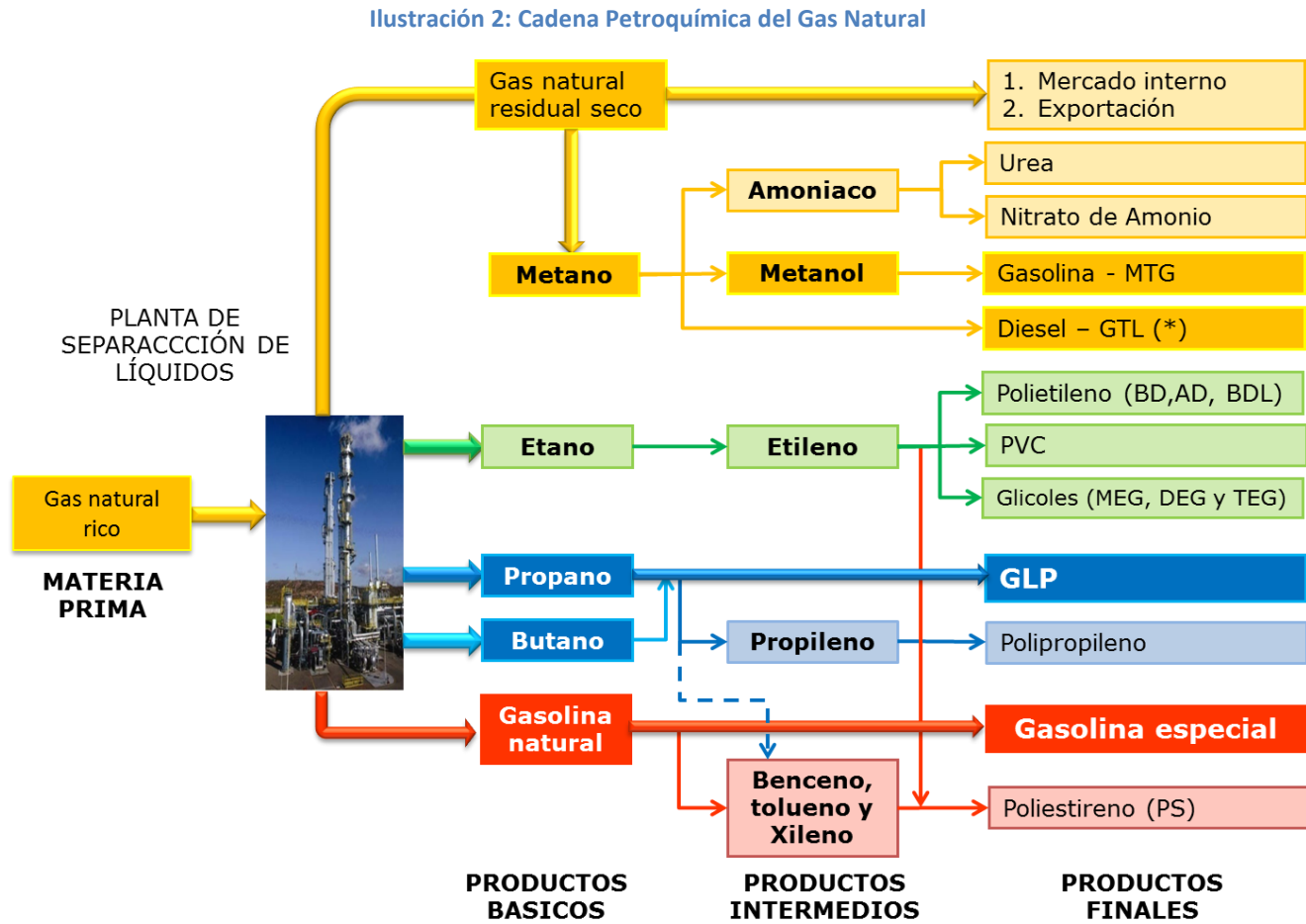
Ilustración 1: Unidad Criogénica y Unidad de Fraccionamiento de Líquidos del Gas Natural



Fuente y Elaboración: VMICTAH

3. ÁRBOL PETROQUÍMICO BOLIVIANO

En la Ilustración 2 se muestra el Árbol Petroquímico Boliviano, que se implementará como una política de Estado para la Agenda Patriótica del Bicentenario.



Fuente y Elaboración: VMICTAH 2013

(*) En estudio de factibilidad tecnológica

4. ESTRATEGIA BOLIVIANA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS

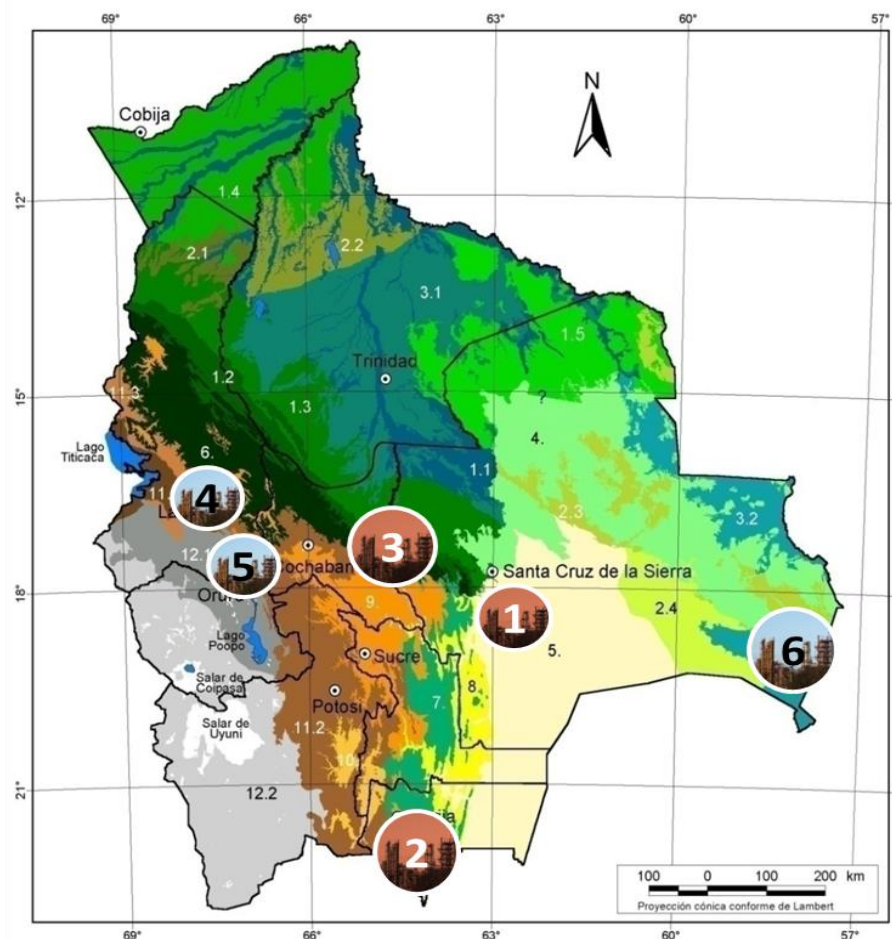
Uno de los pilares principales de la Bolivia Digna y Soberana-Agenda Patriótica del Bicentenario 2025, es la “soberanía sobre nuestros recursos naturales a través de la nacionalización, *industrialización* y comercialización, en armonía y equilibrio con la madre tierra.”

A continuación se presenta la Estrategia Boliviana de Industrialización al Bicentenario, que clasifica los proyectos en inmediatos y futuros, identificando polos de desarrollo donde se implementarán estos complejos. La visión de los proyectos de industrialización es que generen al Estado mayor valor agregado a nuestros recursos naturales hidrocarburíferos, así como inversiones y empleo.

5. POLOS PETROQUÍMICOS EN ESTUDIO PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL GAS NATURAL

Ilustración 3: Zonificación de los Polos Petroquímicos en Bolivia

- 1.- Polo Petroquímico Centro: Río Grande, Santa Cruz**
 - a) Planta de Separación de Líquidos.
 - b) Planta de GNL.
 - c) Planta de GTL.
- 2.- Polo Petroquímico Sur: Gran Chaco**
 - a) Planta de Separación de Líquidos.
 - b) Complejo de Etileno y Polietileno.
 - c) Planta de Propileno y Polipropileno.
- 3.- Polo Petroquímico Centro: Carrasco, Cochabamba:**
 - a) Complejo de Amoniaco y Urea.
 - b) Planta de Nitrato de Amonio.
- 4 y 5.- Eje Industrial del Oeste: La Paz - Oruro**
 - a) Planta de Producción de Tuberías y Accesorios para Redes de Gas Natural y Films de Polietileno.
 - b) Planta de Producción de Kits de Petrocasas del Bicentenario.
- 6.- Eje Industrial del Este: Mutún, Santa Cruz**
 - a) Complejo Petroquímico del Metanol.



Fuente y Elaboración: VMICTAH 2013

En el caso de los proyectos futuros de YPFB y la EBIH, los estudios por desarrollarse identificarán su ubicación.

6. PROYECTOS INMEDIATOS DE YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS (YPFB)

6.1. Complejo Petroquímico de Amoniaco y Urea

El objetivo de esta planta, que estará ubicada en la localidad de Bulo Bulo Carrasco-Cochabamba, es el de abastecer el mercado interno con fertilizantes producidos en nuestro país, generando mayor desarrollo agrícola y agroindustrial, en procura de la seguridad y soberanía alimentaria del Estado. Asimismo se tiene el objetivo de exportación de los excedentes y, de esta manera generar mayores ingresos para el Tesoro General de la Nación.

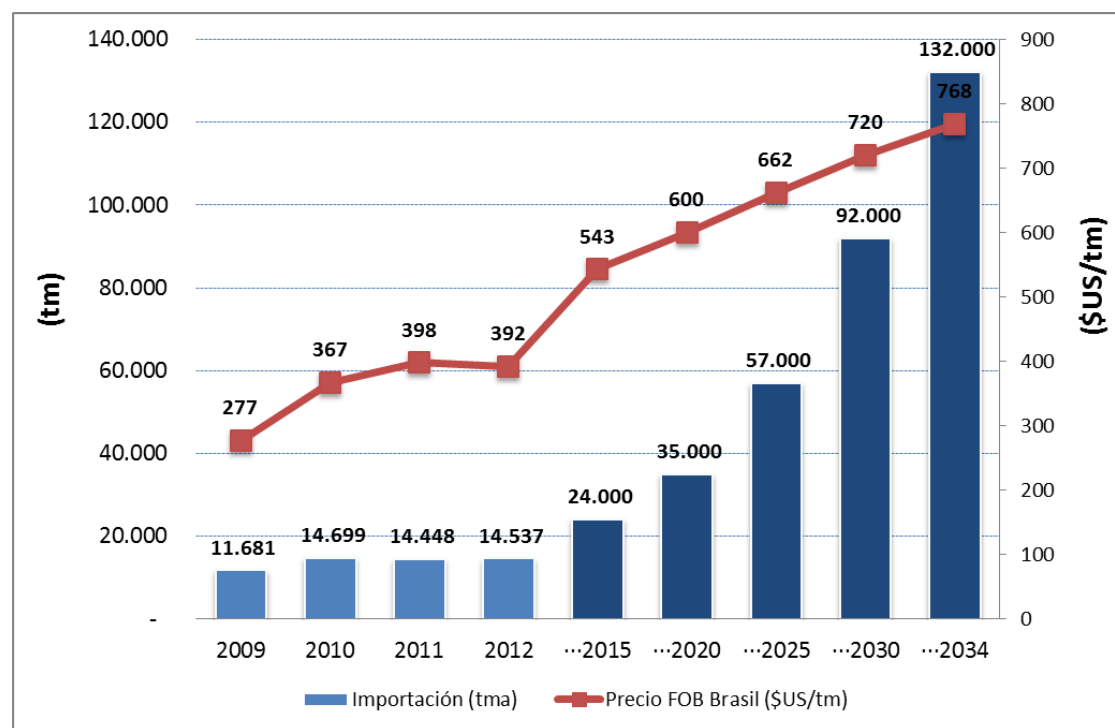
La urea es el fertilizante más usado por la agroindustria a nivel mundial, por su alto contenido en nitrógeno (46%).

Ilustración 4: La Urea como Fertilizante



De acuerdo a la Ilustración 5, durante la gestión 2012 Bolivia importó más de 14.500 tm de urea a un costo promedio de 590 \$us/tonelada (precio CIF Bolivia), lo cual representaría un 2% de la capacidad de producción de esta planta, que es de 2.100 tmd de urea. Sin embargo, de acuerdo a los Estudios de Mercado de este proyecto se estima que para la gestión 2015 Bolivia demandará aproximadamente 24.000 tm de urea y para la gestión 2034 será de 132.000 tm, lo que significa que la proporción de la urea producida para el mercado interno estará entre el 4 y 18% de la producción de esta planta durante su vida útil. Los excedentes de producción serán exportados principalmente al Brasil y Argentina, los cuales demandarán dicho fertilizante.

Ilustración 5: Precios e Importaciones de la Urea a Bolivia



Fuente y Elaboración: VMICTAH en base a datos del INE y YPFB

Este complejo estará ubicado en la localidad de Bulo Bulo, municipio de Entre Ríos del departamento de Cochabamba y consumirá aproximadamente 1,42 MMmcd de gas natural (ver Ilustración 6).

El contrato llave en mano está a cargo de la empresa sur coreana Samsung Engineering Corp. Ltd., por un monto de 843,9 MM\$us.

Se prevé el inicio de operaciones para el mes de octubre de 2015.

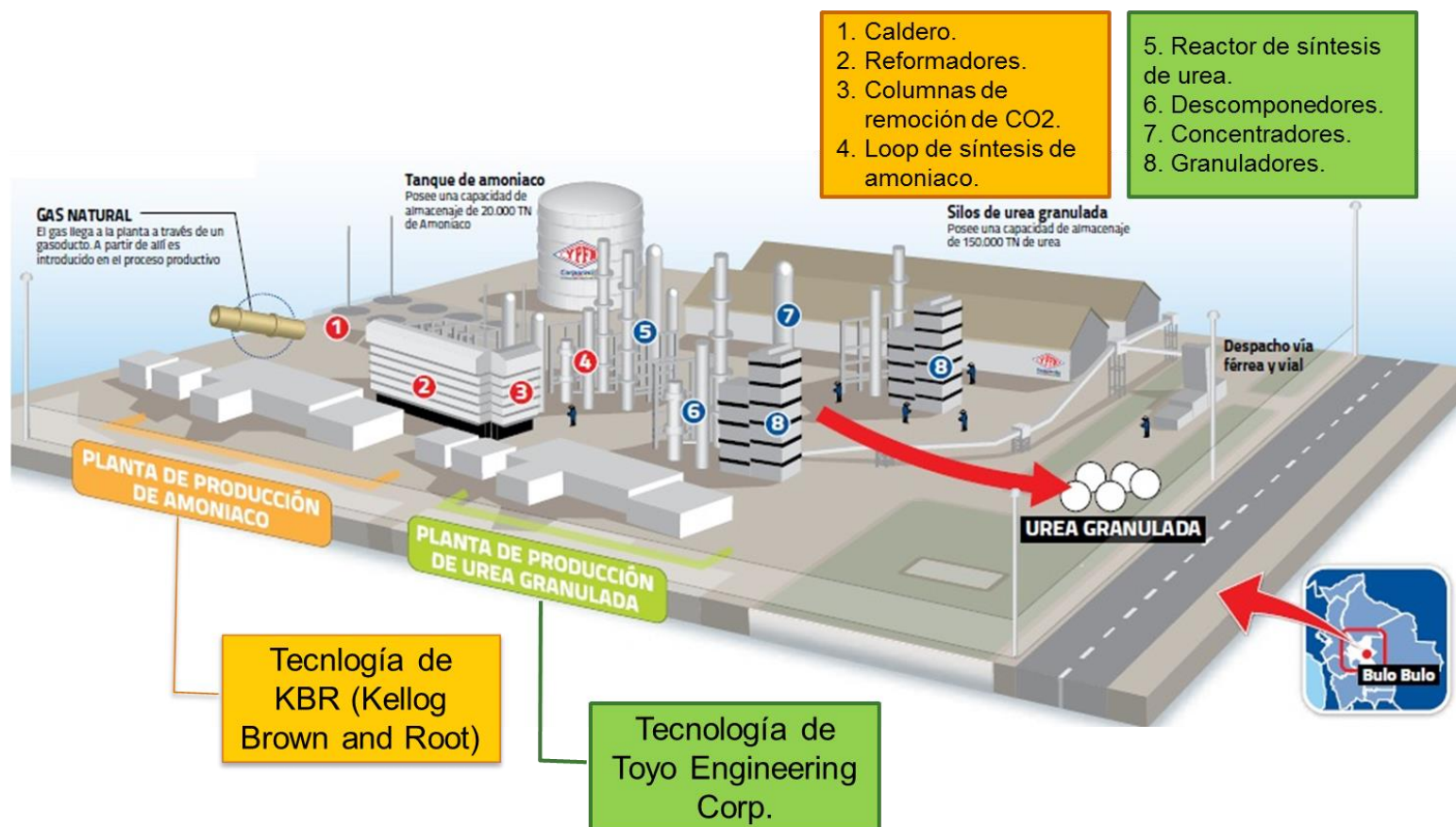
Ilustración 6: Micro-localización de la Planta de Amoniac y Urea en Bulo Bulo - Cochabamba



El contrato incluye la operación y mantenimiento de este complejo durante los dos primeros años de su funcionamiento, periodo en el cual esta empresa capacitará al personal de YPFB para su transferencia definitiva.

La Ilustración 7 nos muestra el modelo propuesto por Samsung Engineering Corp. Ltd., para las Plantas de Amoniac y Urea.

Ilustración 7: Modelo de la Planta de Amoniaco y Urea de Buló Buló



Fuente: YPFB 2012

A continuación se realiza una breve descripción de los procesos de obtención de amoníaco y urea (Ilustraciones 8 y 9).

El complejo estará constituido por una planta de amoníaco y una planta de urea. En la Ilustración 8 se muestra el proceso productivo de amoníaco, el cual se inicia con la obtención de gas de síntesis (hidrógeno – H₂, monóxido de carbono – CO y dióxido de carbono – CO₂) a partir del gas natural y vapor de agua; por otro lado el nitrógeno (N₂) es obtenido a partir del aire.

Posteriormente el CO tiene que ser convertido en CO₂ porque desactiva el catalizador utilizado en la síntesis de amoníaco. La totalidad del CO₂ es removido para posteriormente ser utilizado como materia prima en la planta de urea. El hidrógeno y el nitrógeno son alimentados directamente al reactor donde se forma amoníaco (NH₃) de acuerdo a la siguiente reacción química:

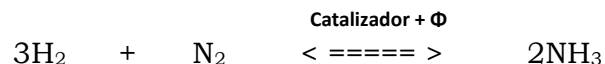
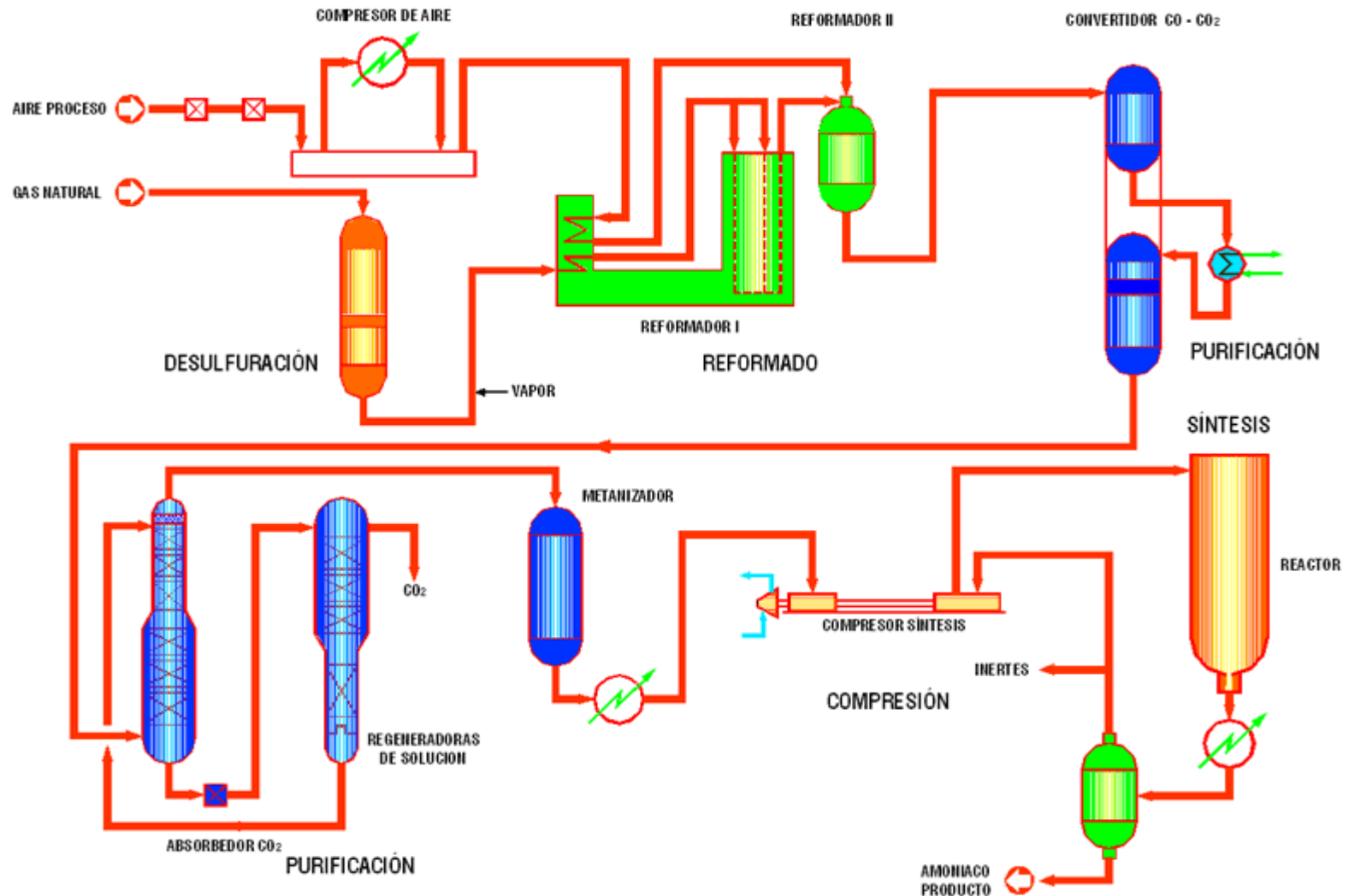


Ilustración 8: Proceso de Obtención de Amoniaco



Fuente: Fertiberia

Posteriormente la urea es sintetizada a partir de la combinación de amoníaco y dióxido de carbono, formando Carbamato de Amonio que posteriormente se descompone en Urea y Agua; la urea de esta corriente es concentrada al vacío evaporando parte del agua, finalmente esta corriente es enviada a la sección de granulación, donde se obtendrá urea granulada como producto final, tal como se muestra en la Ilustración 9. Las reacciones químicas del proceso son las siguientes:

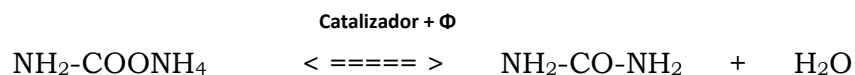
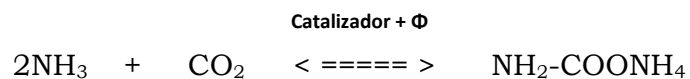
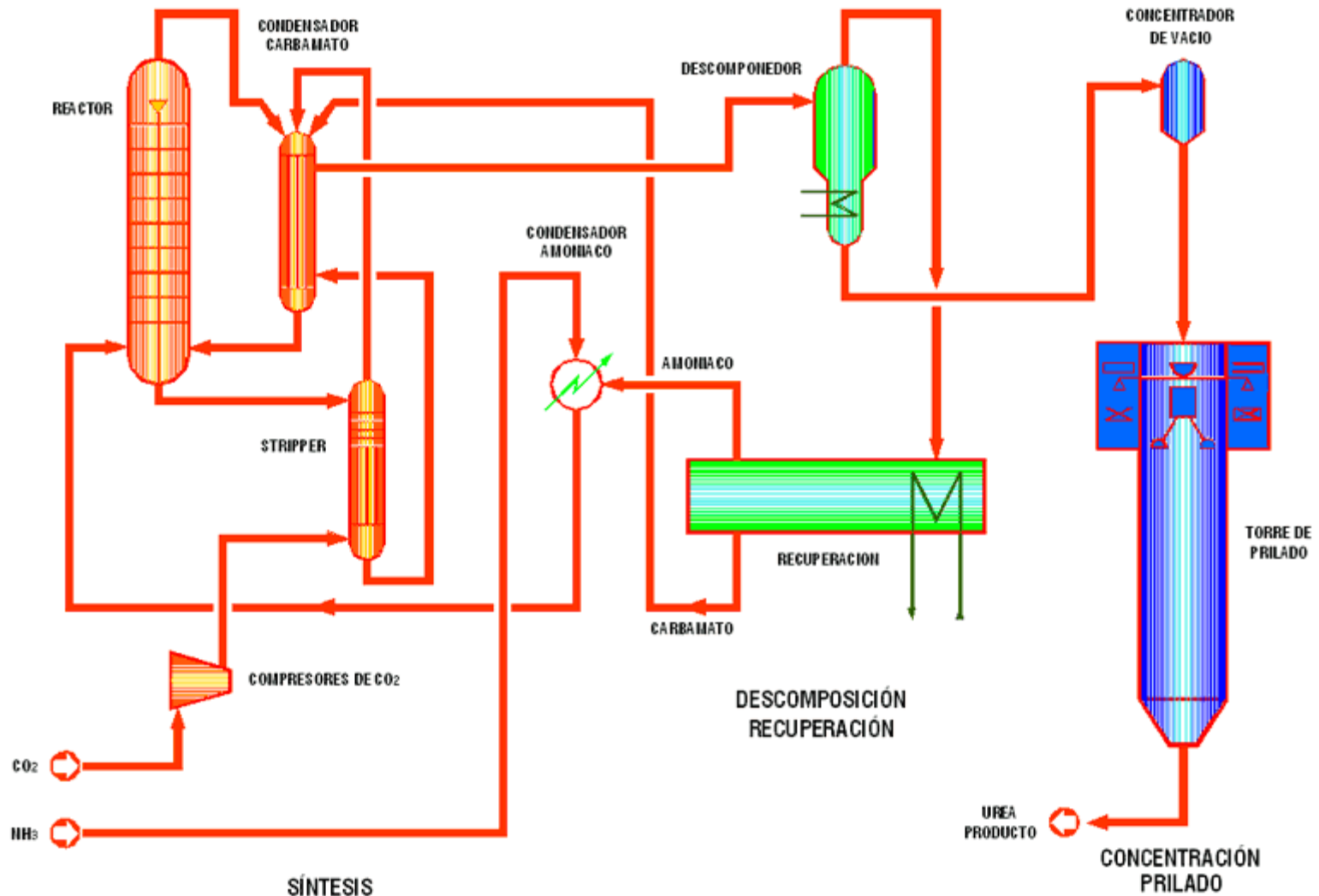


Ilustración 9: Proceso de Obtención de Urea



Fuente y Elaboración: Fertiberia

6.2. Complejo de Etileno-Polietileno

Entre los proyectos más ambiciosos que está impulsando el gobierno nacional, por el tamaño de la inversión que se estima en 1.800 MM\$us, es el Complejo Petroquímico de Etileno y Polietileno a implementarse en el municipio de Yacuiba del departamento de Tarija, el cual tendrá por objetivo procesar el etano producido en la Planta de Separación de Líquidos del Gran Chaco.

La planta producirá 600.000 tma de polietilenos de diferentes características (alta densidad, baja densidad y lineal de baja densidad), y consumirá aproximadamente 756.000 tma de etano. La Ilustración 10 nos muestra ejemplos los muchos usos finales del polietileno.

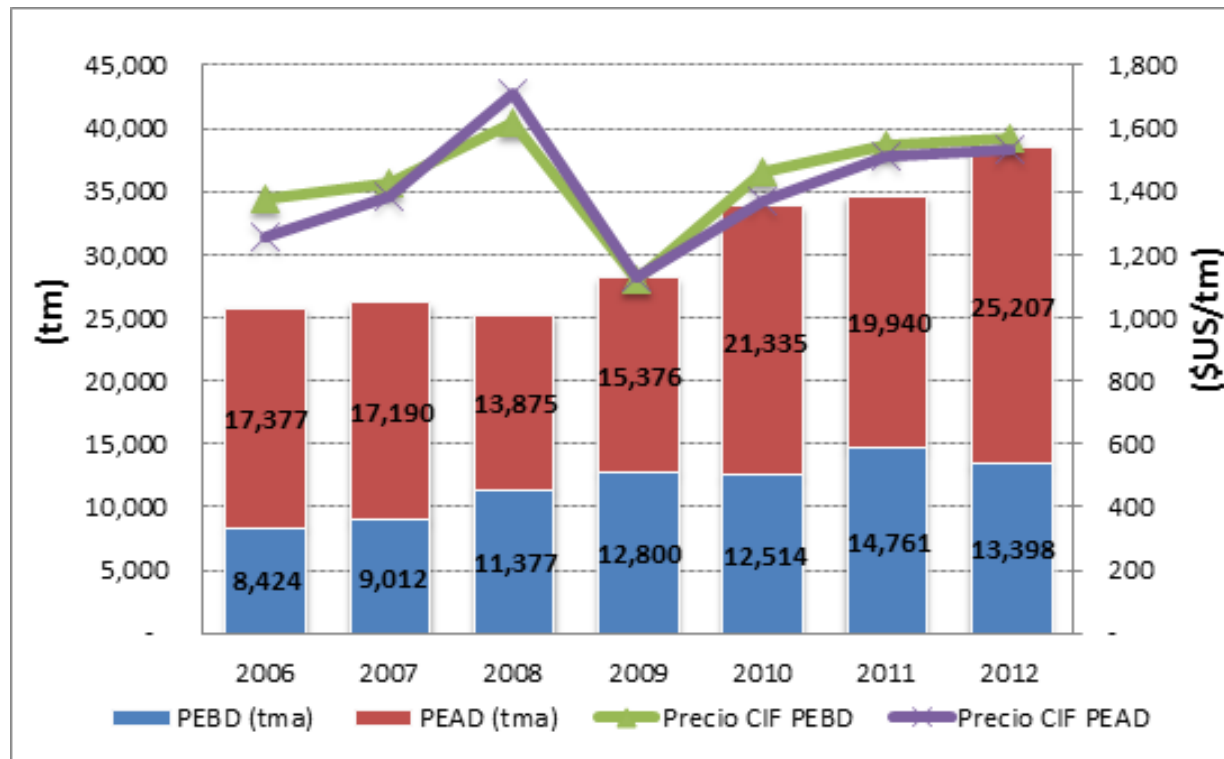
Ilustración 10: Usos Finales del Polietileno



Actualmente el Estudio de Ingeniería Conceptual está siendo realizado por la empresa Maire Tecnimont S.p.A., y se espera concluya en septiembre del 2013.

Los polietilenos producidos serán destinados al mercado interno para impulsar la industria de polímeros y los excedentes a la exportación. La Ilustración 11 nos muestra la evolución de los precios y volúmenes importados de polietileno por nuestro país desde la gestión 2006 a 2012, principalmente de países como Brasil, Argentina y México.

Ilustración 11: Precios e Importaciones de Polietileno en Bolivia

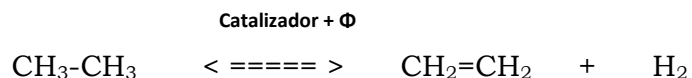


Fuente y Elaboración: VMICTAH en base a datos del INE

El Complejo estará constituido por una planta de etileno y en función a los requerimientos del mercado, de plantas de polietileno de alta densidad (PEAD), baja densidad (PEBD) y lineal de baja densidad (PELBD).

El polietileno es químicamente el polímero de cadena lineal más simple, el cual se obtiene de la polimerización del etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) como se muestra en la Ilustración 12, y este a su vez proviene del etano (CH_3-CH_3). La producción de polietileno de alta o de baja densidad depende del catalizador a ser utilizado en la reacción de polimerización. El polietileno PEBD contiene cadenas ramificadas, en cambio el PEAD consta de cadenas de unidades repetitivas que se encuentran de manera lineal y por ende son más compactas y resistentes.

La obtención industrial del etileno se lleva a cabo mediante la deshidrogenación del etano, de acuerdo a la siguiente reacción química:



Esta transformación es fuertemente endotérmica, es decir requiere de gran cantidad de calor, por lo cual se lleva a cabo en hornos de pirólisis a unos 1.000°C . Esta alta temperatura produce el rompimiento de enlaces, la formación de etileno que tiene un rendimiento mayor al 80% se ve acompañada de otros productos secundarios no deseados, tales como el metano e hidrógeno, los cuales son separados posteriormente.

Para la obtención industrial del polietileno se tienen tres procesos comerciales importantes usados en la industria: polimerización en suspensión (*slurry*), autoclave a alta presión y polimerización en solución (ver Ilustración 13).

- El PEAD es obtenido mediante la polimerización tipo *slurry*, la reacción ocurre a baja presión y poca temperatura empleando dos reactores de polimerización en paralelo o en serie. A dichos reactores se introduce el monómero etileno, el solvente (hexano), el catalizador en base a titanio, agentes controladores de cadena (hidrógeno) y co-monómero (1-buteno) para ajustar la densidad del polímero. La mezcla obtenida de esta reacción es luego separada y secada para obtener polietileno en forma de polvo, el cual es

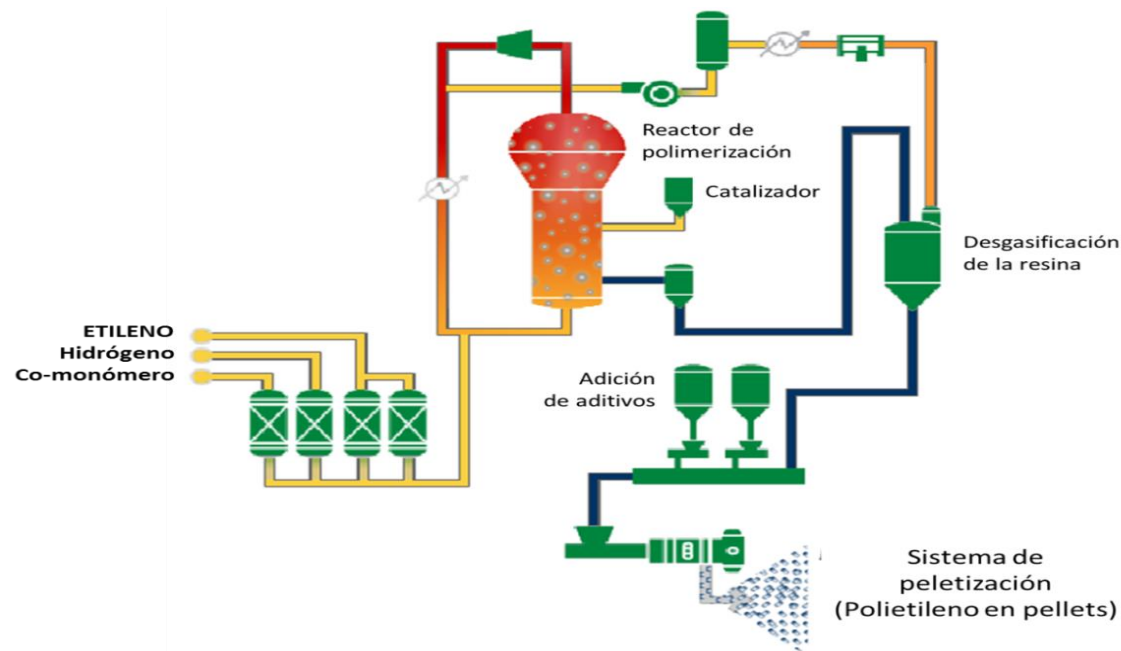
posteriormente fundido y mezclado con estabilizadores para la obtención de pellets de polietileno como producto final del tipo lineal no ramificado.

- El PEBD se obtiene por la polimerización del etileno de alta pureza a altas presiones y a temperaturas elevadas. El producto final es un polímero de cadena ramificada.

Ilustración 12: Representación Gráfica de la Reacción de Polimerización del Etileno



Ilustración 13: Proceso de Obtención de Polietileno

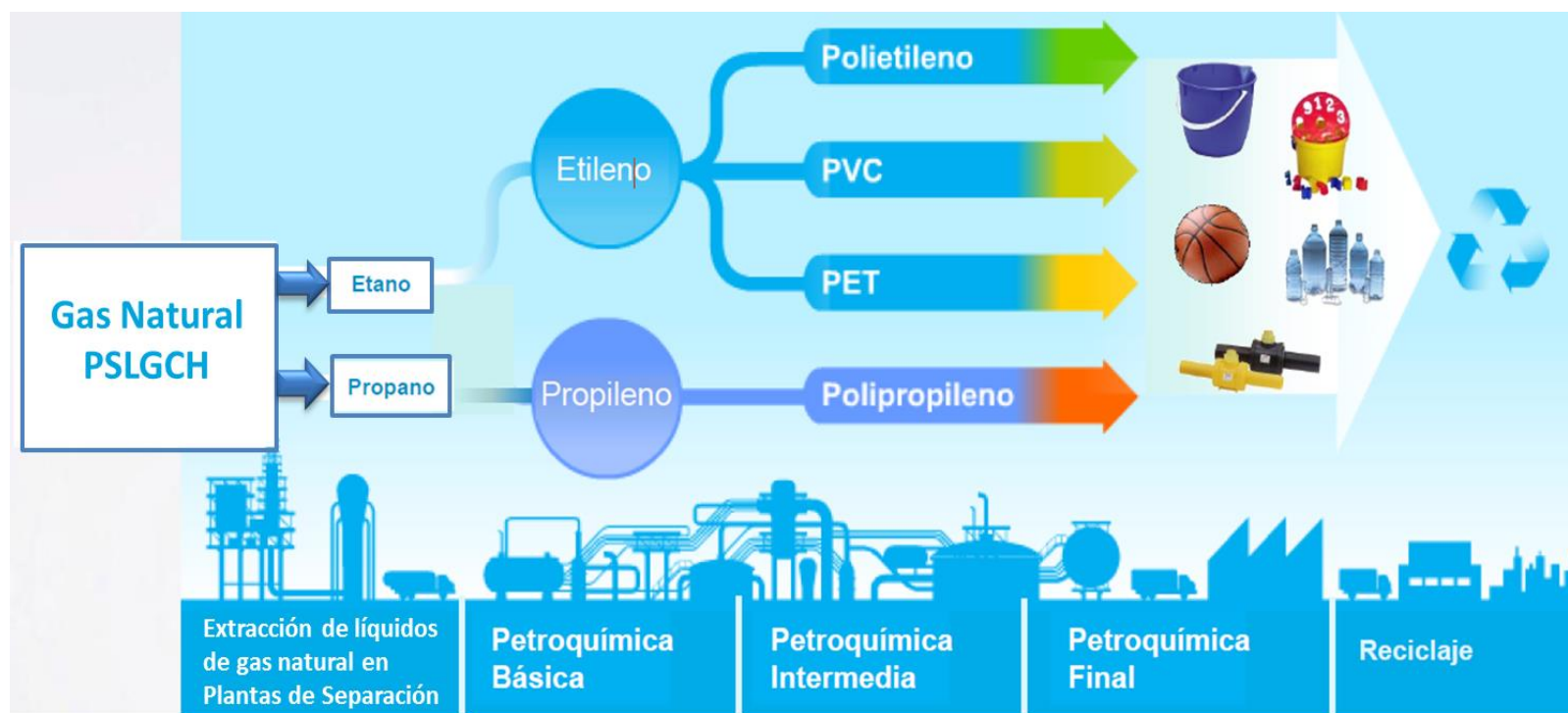


Fuente: Proceso Unipol – UNIVATION

6.3. Planta de Propileno - Polipropileno

Este proyecto se encuentra en etapa de estudios preliminares por parte de la empresa Maire Tecnimont S.p.A., el objetivo de este proyecto es evaluar la posibilidad de industrializar el propano contenido en el Gas Licuado de Petróleo (GLP) que se obtendrá en la Planta de Separación de Líquidos de Gran Chaco. La ubicación de la planta sería cercana al Complejo Petroquímico del Gran Chaco. En la Ilustración 14 ejemplificamos la cadena petroquímica del etano y propano.

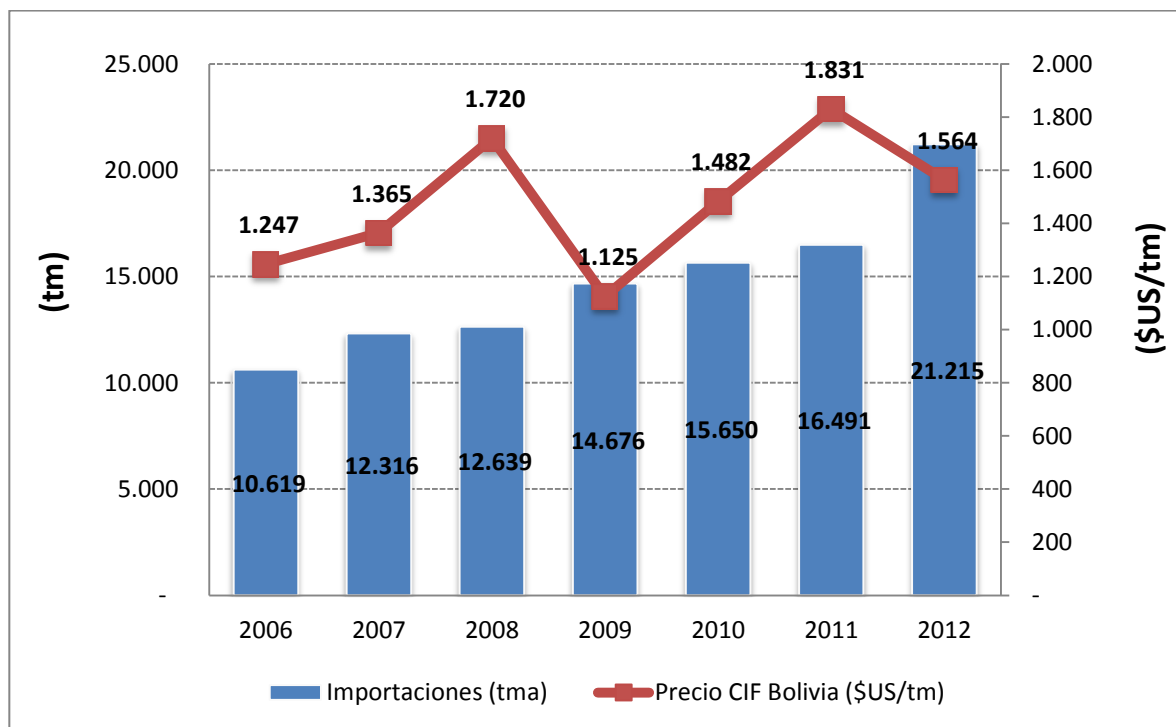
Ilustración 14: Cadena Petroquímica del Etano y Propano



Fuente: BRASKEM

En la Ilustración 15 podemos observar que durante la gestión 2012 ingresaron a nuestro país, más de 21.200 tm de polipropileno a un costo promedio de 1.564 \$us/tonelada (precio CIF), principalmente de Brasil y Colombia.

Ilustración 15: Precios e Importaciones de Polipropileno en Bolivia



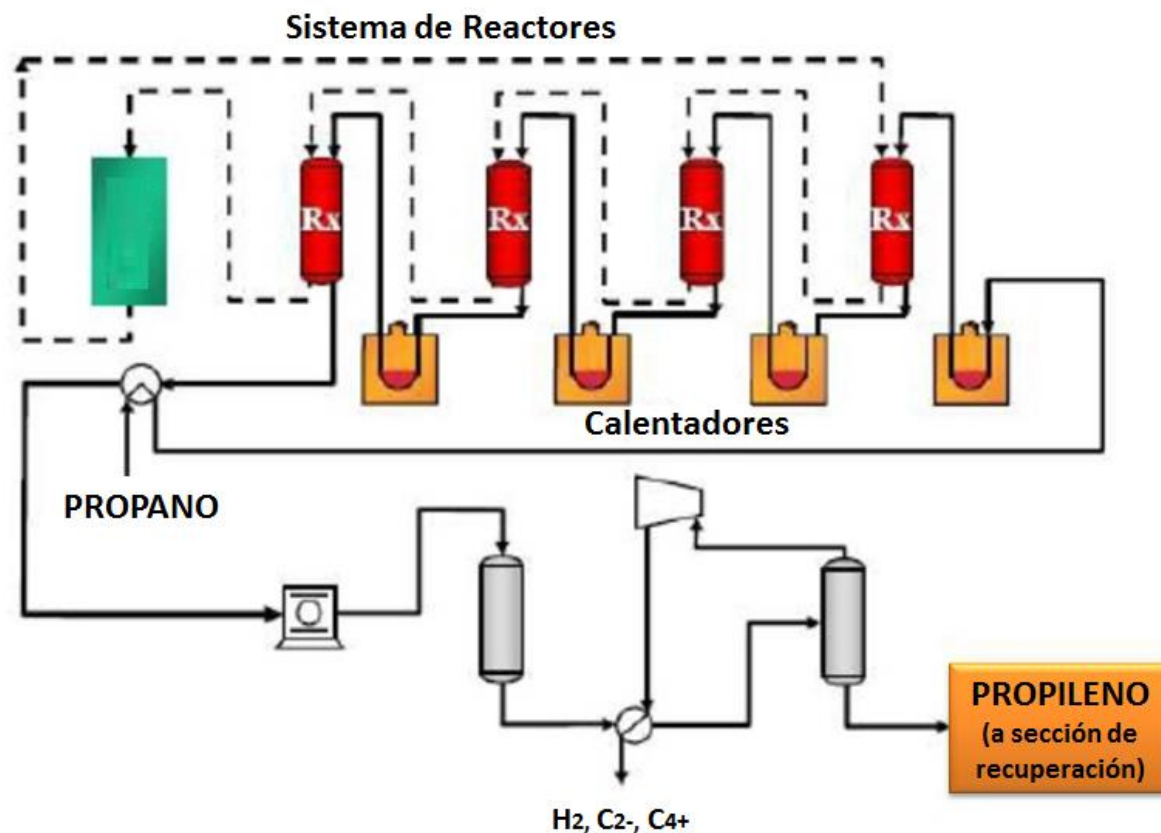
Fuente y Elaboración: VMICTAH en base a datos del INE

Se propone que la capacidad de producción de ésta planta sea de 400.000 tma de polipropileno.

En las Ilustraciones 16, 17 y 18 se muestran los procesos de obtención del propileno y polipropileno. Al igual que el proceso de obtención del polietileno, primeramente se debe obtener el monómero propileno utilizando como materia prima propano o una mezcla de propano y butano (GLP); en el primer caso se aplica una des-

hidrogenación catalítica y en el segundo se somete a un proceso de craqueo catalítico con vapor de agua. El producto del proceso es una mezcla constituida principalmente de etileno y propileno, su composición dependerá de la materia prima utilizada. Luego de este proceso, el propileno se separa de los diferentes componentes de la mezcla por destilación.

Ilustración 16: Proceso de Obtención de Propileno



Fuente: Proceso Oleflex-UOP

El polipropileno puede ser obtenido por diversos procesos comerciales y se los puede clasificar dependiendo del medio de reacción y de la temperatura de operación en tres tipos de procesos: en masa, en suspensión y en fase gas, estos se diferencian por el tipo de reactor utilizado.

- En masa: El reactor contiene sólo propileno líquido, catalizador y el PP producto. El ejemplo más extendido de este tipo de procesos es el Spherizone.
- En suspensión: Además de propileno y catalizador, en estos reactores se añade un diluyente inerte. En la actualidad ya no se construyen plantas basadas en este proceso por ser más complejo que las alternativas (en masa y en fase gas). Sin embargo, las plantas construidas hasta los años 1980 siguen funcionando y produciendo.
- En fase gas. En este caso el propileno se inyecta en fase gas para mantener al catalizador en suspensión, formando un lecho fluido. A medida que el polipropileno se va formando sobre las partículas de catalizador, éstas modifican su densidad, lo cual hace que abandonen el lecho al terminar su función. El ejemplo más extendido de este tipo de proceso es el Unipol.

Ilustración 17: Representación Gráfica de la Reacción de polimerización del Propileno

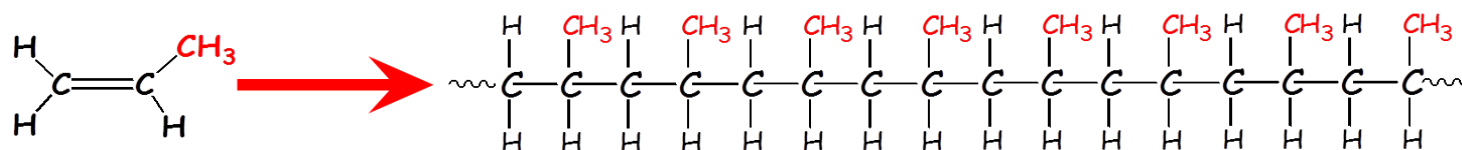
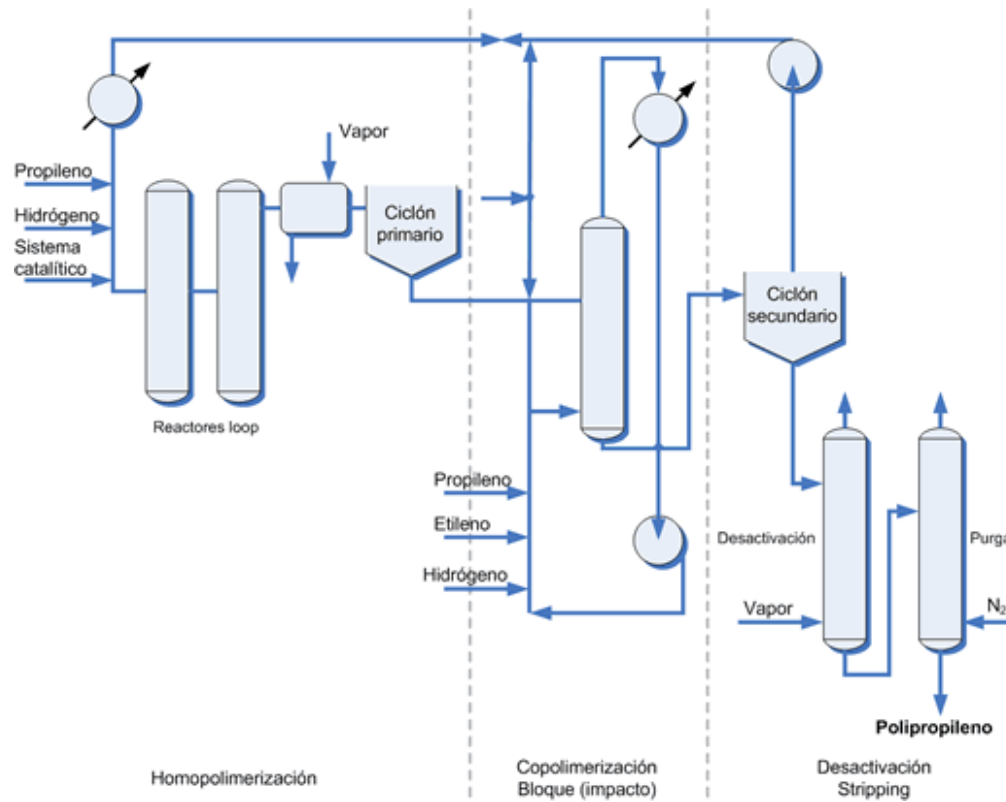


Ilustración 18: Proceso de Polimerización de Polipropileno



Fuente: Proceso Spheripol - BASSELL POLYOLEFINS

6.4. Planta de Gas a Líquidos (*Gas To Liquids-GTL*)

Una de las alternativas para solucionar el déficit de diesel oil en el mercado interno, es la producción de combustibles sintéticos a partir del gas natural a través del proceso Fisher-Tropsch.

Bolivia es un país altamente deficitario en la producción de diesel oil, durante la gestión 2012 se importó en promedio 14.385 barriles por día, más del 50% del consumo interno, por un valor mayor a 800 MM\$us.

En este sentido y considerando los actuales niveles de producción de diesel oil en las refinерías y el requerimiento a mediano-largo plazo de nuestro país, se propone que la Planta de GTL tenga una capacidad de producción mínima de 30.000 bpd de combustibles sintéticos, con un consumo aproximado de materia prima de 9 MMmcd de gas natural (Metano-CH₄). Asimismo se propone que la ubicación preliminar de la Planta, sea en el departamento de Santa Cruz, por el mercado que representa a nivel nacional.

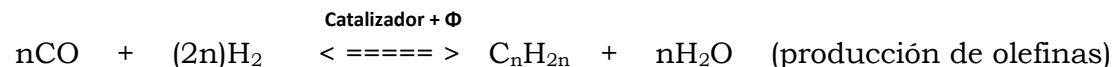
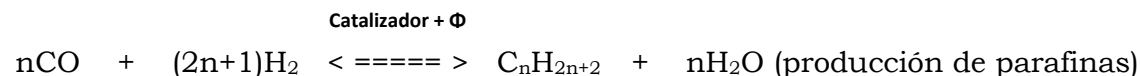
Si bien la idea tecnológica aplicada data desde hace más de 20 años atrás (Shell, Sasol, Chevron, Texaco), hasta hoy son contados los proyectos que están en marcha y funcionando a escalas económicamente rentables (Australia, Sud África, Qatar, etc.). Por lo antes mencionado, la empresa estatal del petróleo (YPFB) tiene la misión de analizar y evaluar la factibilidad técnica y económica del proyecto, o proponer alternativas de solución a la problemática de la producción del diésel oil.

Ilustración 19: Proyecto GTL (*Gas To Liquids*)



El proceso de obtención de combustibles sintéticos por el proceso de Fisher – Tropsch consta de tres etapas principales, las cuales se describen a continuación y se representan en la Ilustración 20:

- **Primera etapa:** el gas natural (metano-CH₄) es combinado con oxígeno, dando como resultado gas de síntesis (CO, CO₂ y H₂).
- **Segunda etapa:** el gas de síntesis es llevado al reactor donde se produce la reacción Fisher - Tropsch, y se obtiene petróleo sintético, de acuerdo a las siguientes reacciones químicas:



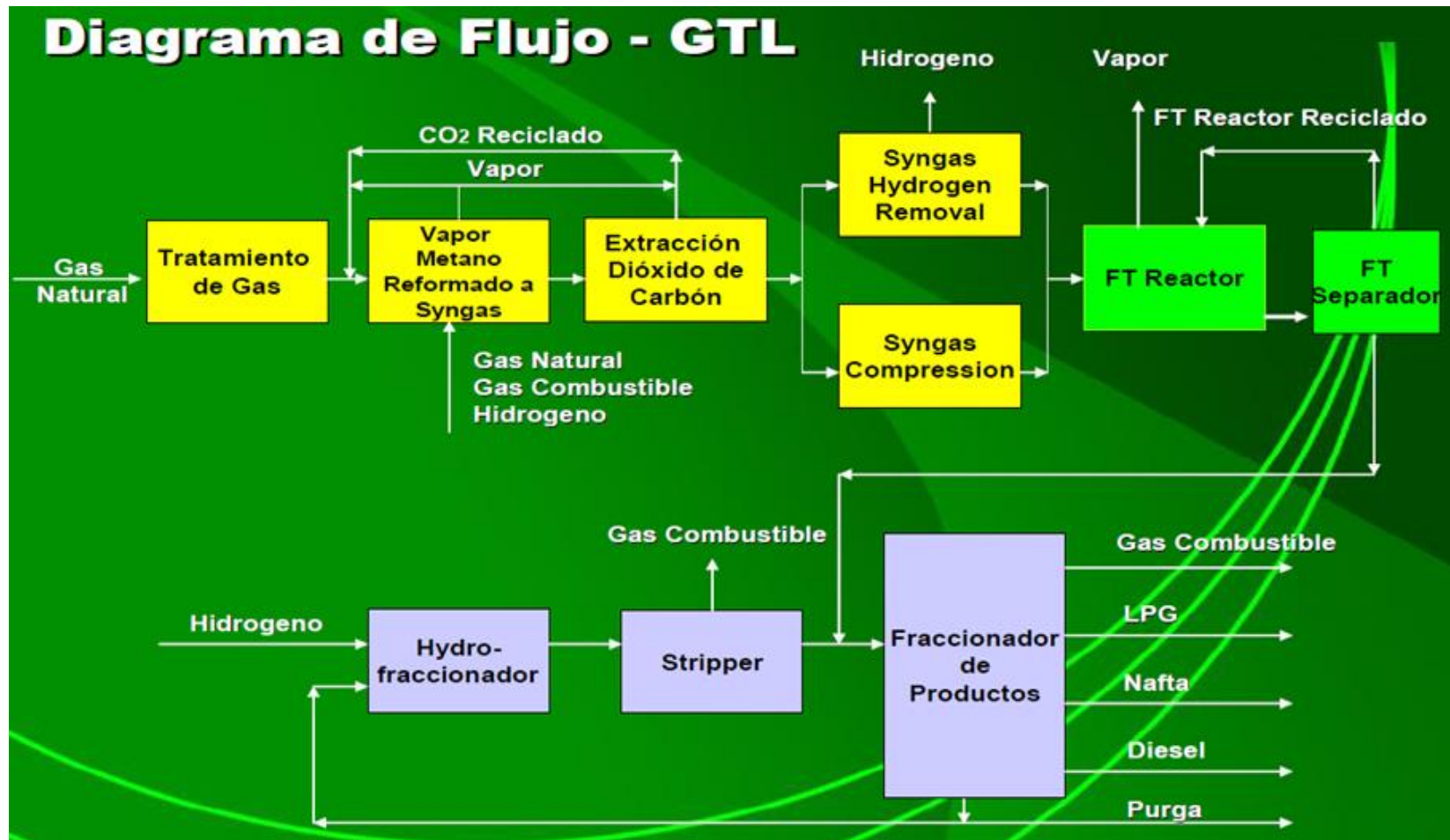
La reacción se lleva a cabo sobre catalizadores de cobalto o hierro. Para un buen rendimiento se requiere de altas presiones (típicamente 20 - 30 bares) y temperaturas de 200 - 350°C. Por encima de los 400°C, la formación de metano resulta excesiva.

El producto obtenido a la salida de un reactor de Fischer-Tropsch, consiste en una mezcla de hidrocarburos con una distribución muy amplia de pesos moleculares, que van desde los gases hasta las ceras pasando por la gasolina, el kerosene y el diesel.

La naturaleza y proporción de los productos depende del tipo de reactor y de catalizador. En general los procesos que operan a alta temperatura producen mayores volúmenes de gasolinas olefinicas, mientras que los de baja temperatura, gasóleos parafinicos (diesel).

- **Tercera etapa:** el petróleo sintético es sometido a refinación convencional y se obtiene finalmente diesel de alta calidad y ecológico, gasolinas de alto nivel de parafina y otros líquidos menores.

Ilustración 20: Proceso de Obtención de Diesel GTL

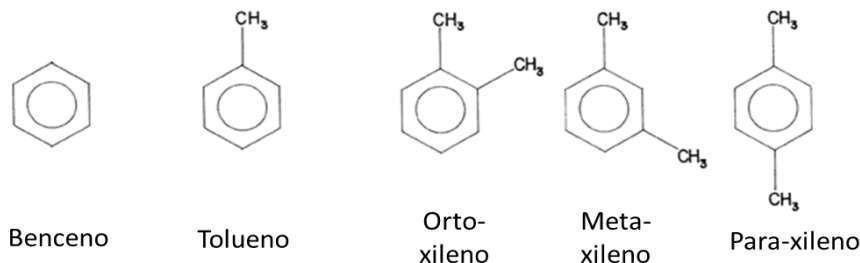


Fuente: Presentación World GTL 2006

7. PROYECTOS FUTUROS DE YPFB

7.1. Planta de Aromáticos (BTX)

Este proyecto es una de las alternativas para la industrialización de los excedentes del GLP como materia prima para la obtención de hidrocarburos aromáticos (Benceno, Tolueno y Xilenos - BTX), sin embargo la mejor opción es utilizar naftas o gasolinas livianas debido a mayores rendimientos. Los compuestos antes nombrados son representados químicamente de la siguiente manera:



La demanda de aromáticos BTX en el mercado interno es mínima, ya que durante la gestión 2012 se situó en 1.023 tm.

La producción de aromáticos de esta Planta estará destinada a satisfacer la demanda del mercado interno, desarrollando la industria nacional en la producción de estireno, poliestireno, solventes, fibras, resinas y cauchos, y los excedentes se destinarán para la exportación, los cuales tienen gran demanda en la actualidad.

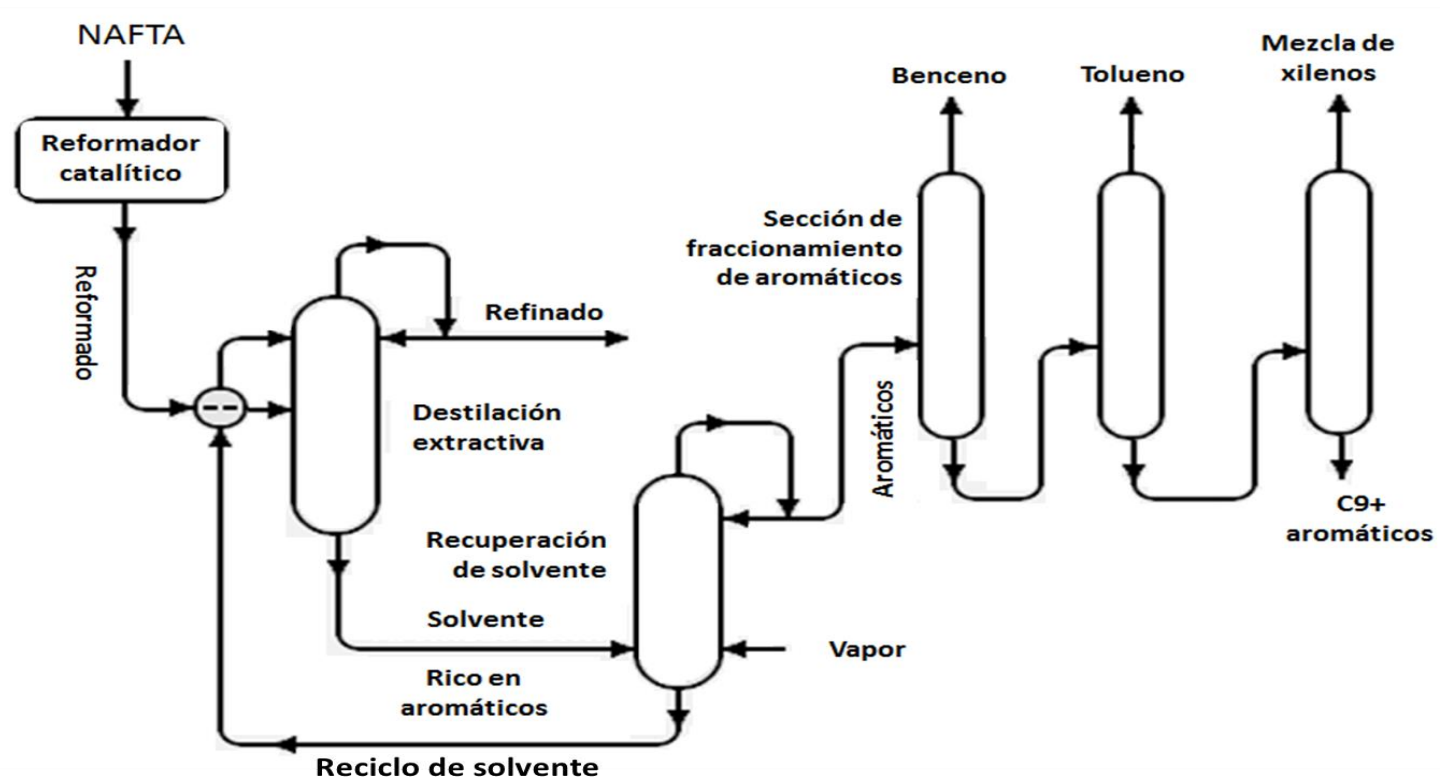
Para esta planta se propone una capacidad de producción de 75.000 tma de benceno, 120.000 tma de tolueno y 61.000 tma de xilenos, sin embargo, estas capacidades deben ser ajustadas en función a la disponibilidad de butano o gasolinas de la Planta de Separación de Líquidos de Gran Chaco.

El proceso de obtención de aromáticos a partir de GLP está basado en la deshidro-ciclodimerización, el cual es favorecido por temperaturas superiores a 425°C y en catálisis ácida, y se representa en el siguiente esquema:

Propano + Butano --- > Olefinas --- > Oligómeros --- > Naftenos --- > Aromáticos + nH₂

Este proceso consiste en la deshidrogenación del propano y butano a olefinas, siendo la limitante la velocidad del proceso; una vez formada las olefinas estas se oligomerizan y ciclan para formar naftenos. Finalmente se deshidrogenan los naftenos a compuestos aromáticos correspondientes. A continuación ilustramos el proceso de obtención de compuestos aromáticos a partir de nafta.

Ilustración 21: Proceso de Obtención de Compuestos Aromáticos a partir de Nafta

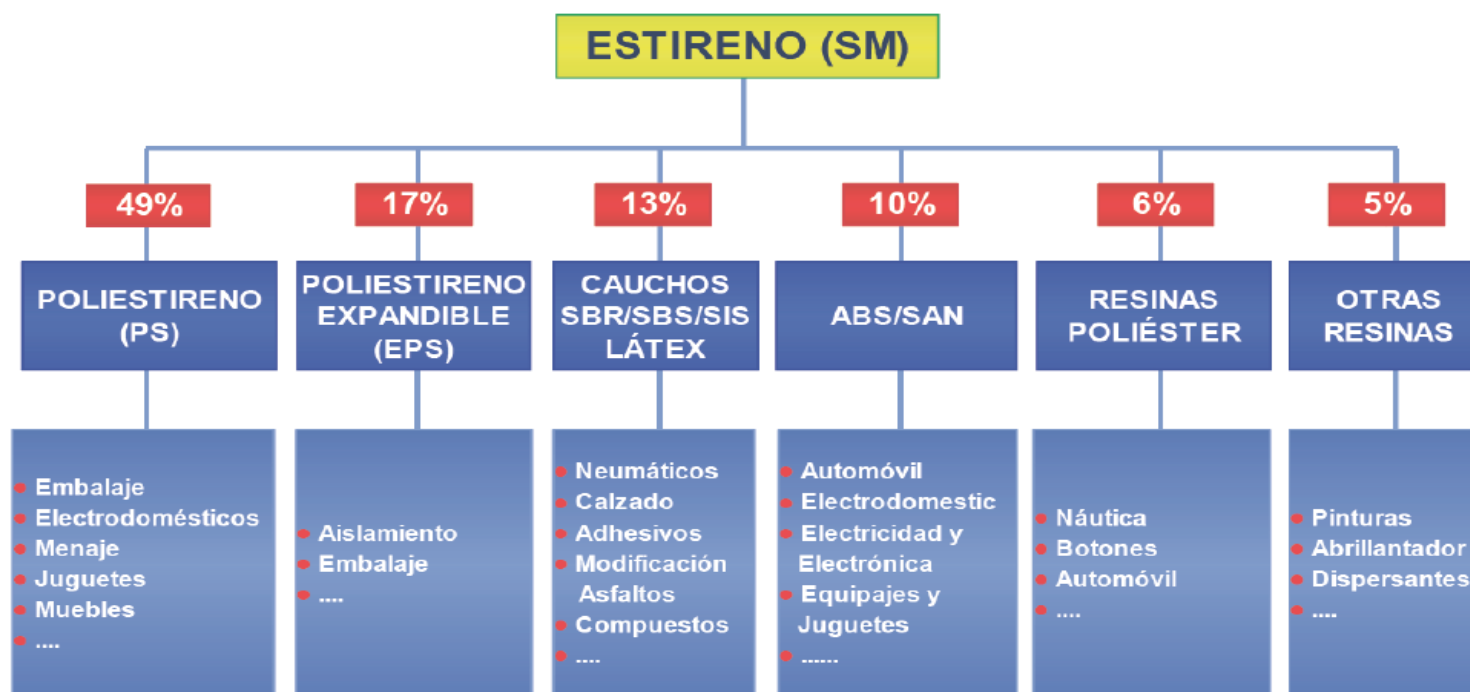


Fuente: VMICTAH 2013

7.2. Planta de Poliestireno (PS)

Tal como se muestra en la Ilustración 22, la principal aplicación del estireno es la producción de poliestireno, del cual se obtienen diversos productos, como ser envases mediante extrusión-termoformado y objetos diversos mediante moldeo por inyección. La forma expandida (*plastoform*) se emplea principalmente como aislantes térmicos y material de aligeramiento en la construcción, así como para producir envases de protección en los embalajes de objetos frágiles, tal como se muestra en las Ilustración 23.

Ilustración 22: Usos del Estireno



Fuente y Elaboración: VMICTAH

Ilustración 23: Usos Finales del Poliestireno Expandido



En nuestro país la demanda de poliestireno es baja, durante la gestión 2012 se importaron alrededor de 9.000 tm de PS expandible y 4.500 tm para las demás formas de poliestireno; sin embargo a nivel mundial el PS es el quinto plástico más consumido después del PE, PP, PVC y PET. En este sentido se propone una planta con una capacidad de producción mínima de 100.000 tma.

La materia prima inicial del PS es el etilbenceno que a su vez es obtenido a partir del etileno, por lo cual es recomendable que la Planta de PS este ubicada cerca al Complejo Petroquímico de Gran Chaco.

En las Ilustraciones 24, 25 y 26 se muestran los procesos de obtención del PS, los cuales son descritos a continuación:

Inicialmente el etilbenceno es obtenido mediante la alquilación de benceno con etileno, de acuerdo a la siguiente reacción química:

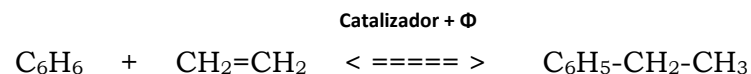
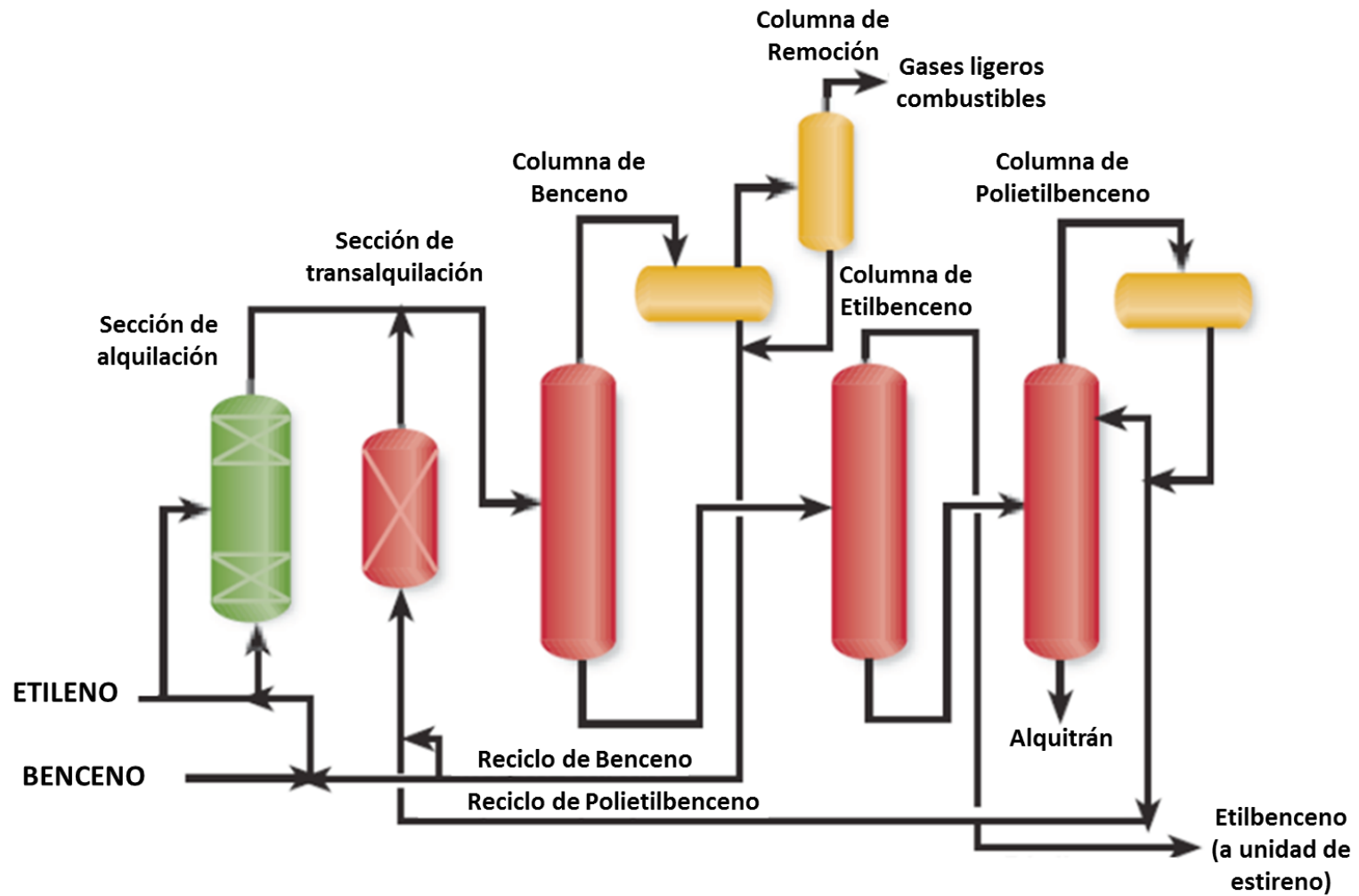


Ilustración 24: Proceso de Obtención de Etilbenceno



Fuente: VMICTAH 2013

Posteriormente el estireno es obtenido por el método de deshidrogenación del etilbenceno, de acuerdo a la siguiente reacción:

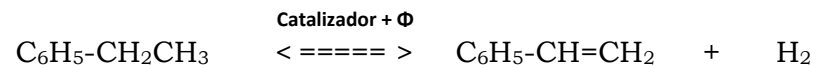
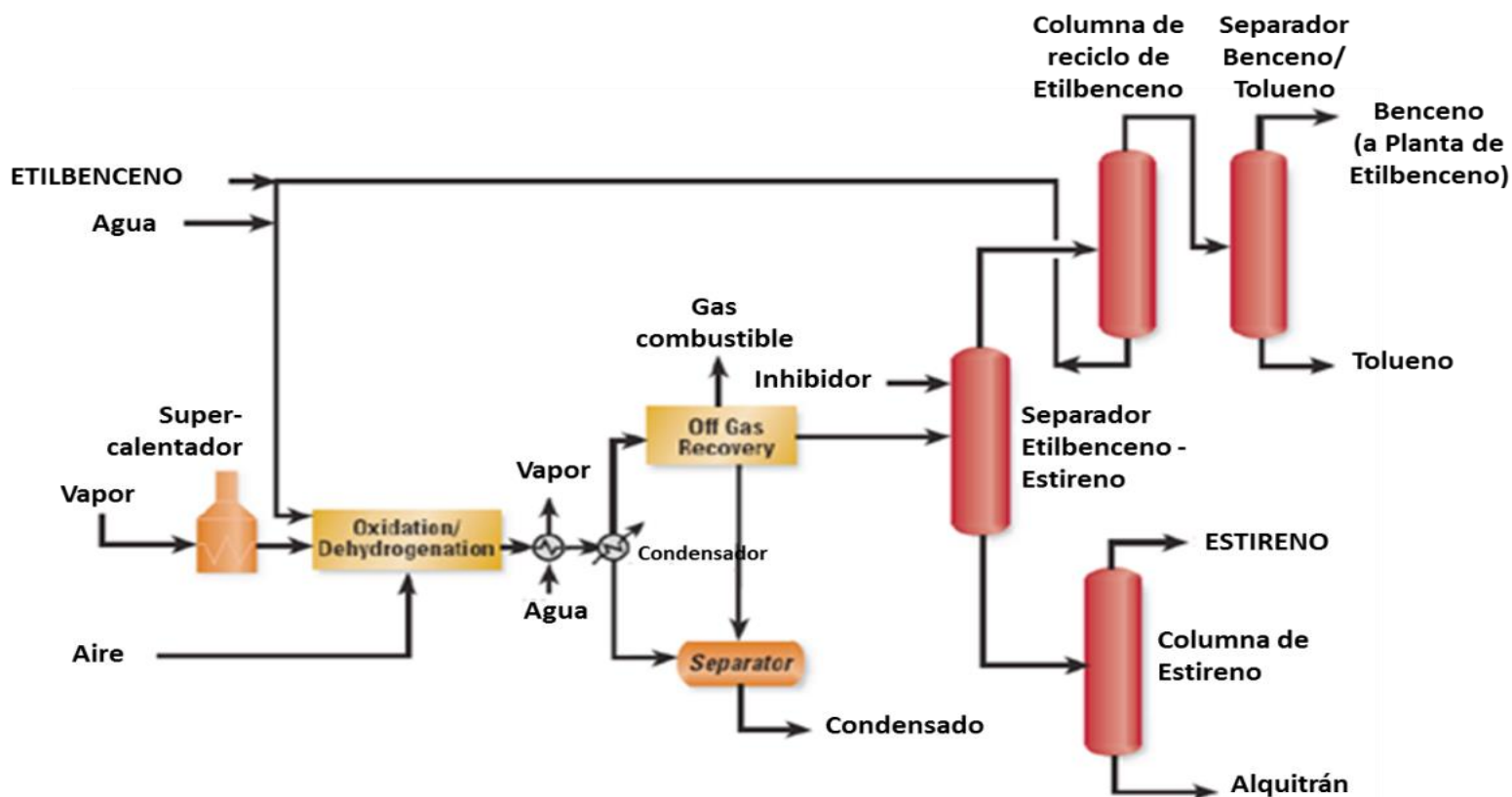


Ilustración 25: Diagrama del Proceso de Obtención de Estireno



Fuente y Elaboración: VMICTAH

Finalmente, el proceso más utilizado en la obtención de PS se basa en la polimerización radical en masa mediante iniciadores. La reacción representativa de la polimerización de estireno es la siguiente:

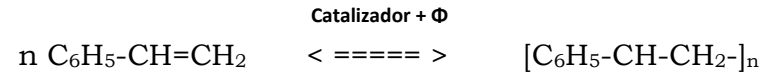
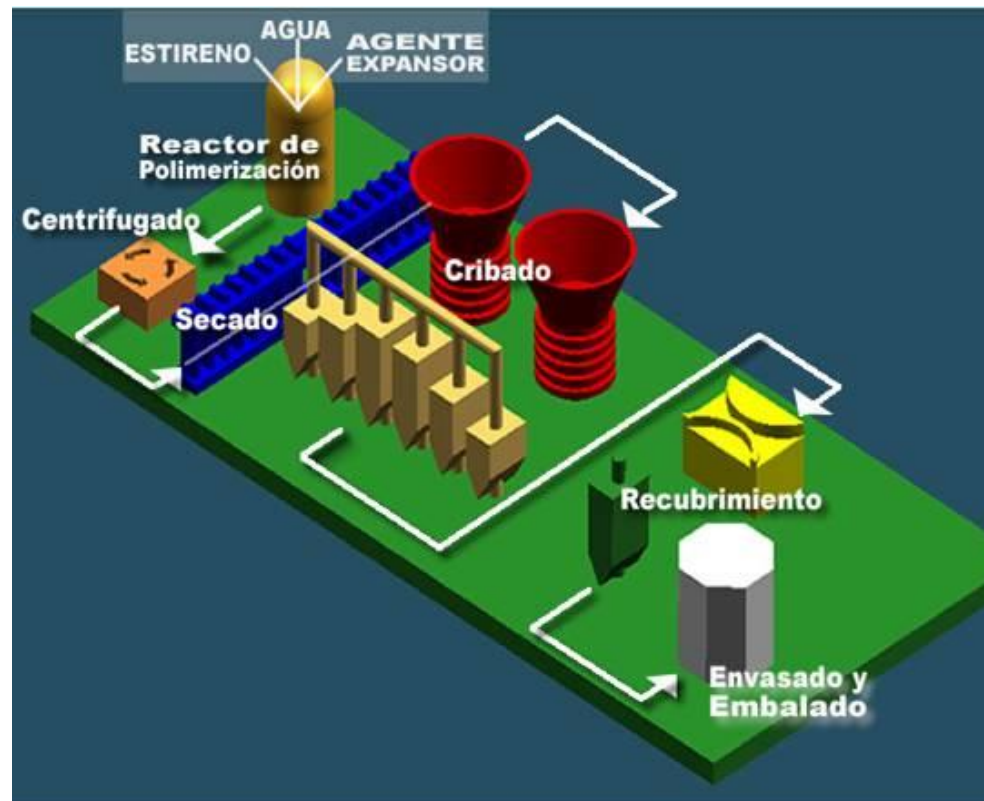


Ilustración 26: Proceso de Obtención de Poliestireno Expandible



Fuente: POLISUR S.A.

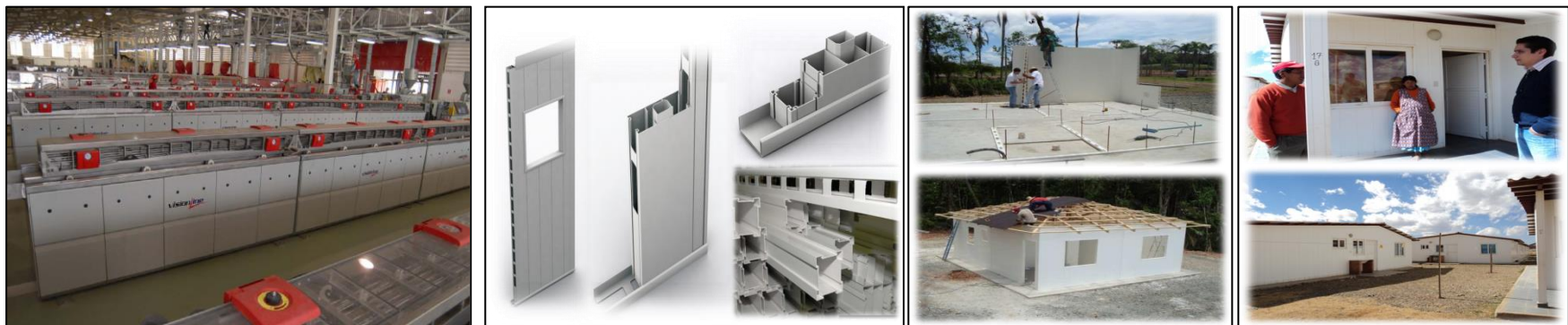
8. PROYECTOS INMEDIATOS DE LA EMPRESA BOLIVIANA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS (EBIH)

8.1. Planta de Petrocasas del Bicentenario (Petroquímica de tercera generación)

El proyecto “Planta de Petrocasas del Bicentenario” tiene por objetivo la producción de los componentes necesarios para la construcción de una vivienda tipo (petrocasa) como ser perfiles, paredes, techos, marcos, puertas y ventanas a partir de material polimérico en base a Policloruro de Vinilo (PVC) con aditivos muy resistentes al calor. A este conjunto se lo denomina como “kits de polímero” que en cuyas cavidades internas específicas se vierte el concreto (mezcla de arena y cemento), al igual que en la construcción de una casa convencional (ver Ilustración 27).

Las petrocasas contribuirán a solucionar la problemática del déficit habitacional en el país, son casas donde familias de hasta cuatro personas pueden vivir adecuadamente, pues cuentan con dos o tres habitaciones un baño, sala, comedor y lavandería.

Ilustración 27: Proyecto Planta de Producción de Kits de Petrocasas



La planta estará ubicada en la localidad de Caracollo – Oruro (zona de “Laka Pucara”), para su construcción se estima una inversión de 42 MM\$us, financiados por el Estado Boliviano y se prevé entre en funcionamiento a finales del 2014. En su fase de operación generará aproximadamente 180 empleos directos y contribuirá al desarrollo industrial de Oruro.

De acuerdo al Estudio de Identificación del proyecto y datos del Ministerio de Obras Públicas, se estima que nuestro país tiene un déficit habitacional de 15.000 viviendas por año, por tanto se toma como base una capacidad de producción de 6.600 Kits (perfiles y accesorios) de viviendas prefabricadas por año y un precio de venta de 8.548 \$us/kit.

Actualmente se está realizando el Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental (TESA), el cual se estima que se concluya hasta el tercer trimestre de la presente gestión y de acuerdo a sus resultados se procederá con la ejecución del proyecto.

8.2. Planta de Tuberías, Accesorios y Films de Polietileno (Petroquímica de tercera generación)

La planta estará localizada en la ciudad de El Alto (zona Chijini Chico) y tiene por objetivo la producción de 3.100 tma de tuberías para redes de gas natural (conexiones secundarias) y agua (Proyecto Mi Agua), 175 tma de accesorios para redes de gas y 4.000 tma de films.

La línea de producción de films estará destinada a la obtención de geo-membranas impermeables para el recubrimiento de suelos, principalmente para evitar filtraciones y pérdidas de agua en tanques, lagunas artificiales o reservas de agua potable y/o para riego en poblaciones que lo necesiten, así como para evitar la contaminación de suelos y cursos de agua en actividades mineras, hidrocarburíferas y otras actividades que generen aguas residuales contaminadas.

Una segunda línea de producción de films estará destinada al uso de agro-films para la construcción de invernaderos, coadyuvando en la producción de alimentos en procura de la soberanía alimentaria (ver Ilustración 28).

Ilustración 28: Proyecto Planta de Producción de Tuberías, Accesorios para Redes de Gas Natural y Films de Polietileno



Para ello se adquirirán inyectoras y sopladoras de última generación utilizando polietileno como materia prima, inicialmente importado y posteriormente abastecido por la producción del Complejo de Etileno - Polietileno de Gran Chaco.

Para la implementación de esta planta se estima una inversión de 6,5 MM\$us, que deberá ser financiada por el Estado Boliviano.

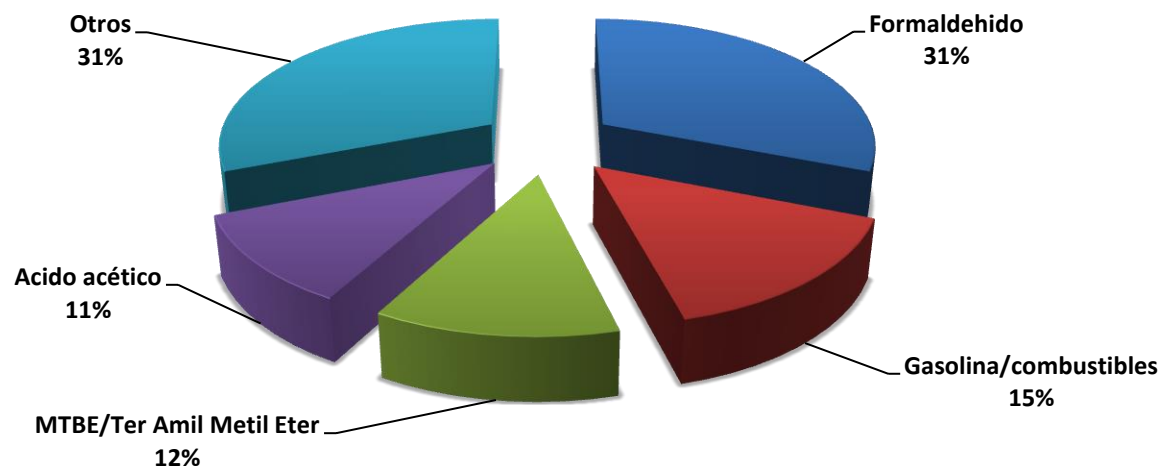
Actualmente el Estudio TESA ha sido concluido y esta siendo evaluado por a la EBIH para su ejecución.

Se prevé que su construcción se inicie a finales de la gestión 2013 y el inicio de operaciones para el último trimestre del 2014. Esta planta en su fase de operación, generará aproximadamente 90 empleos directos.

8.3. Complejo Petroquímico del Metanol

Entre los principales proyectos que se encuentran en etapa de Estudio de Visualización por parte de la EBIH, se tiene el proyecto “Complejo Petroquímico del Metanol”, que en una primera etapa tiene por objeto, la producción de metanol con destino al mercado interno, exportación y/o posterior procesamiento en futuras plantas petroquímicas, ya sea para la obtención de combustibles alternativos (gasolina-MTG y diesel-DME), y otros productos químicos como el formaldehído y ácido acético, tal como se muestra en la Ilustración 29:

Ilustración 29: Usos del Metanol a nivel mundial



Fuente: CMAI, 2010

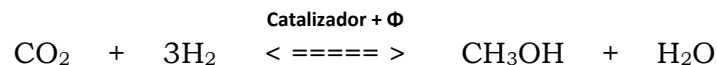
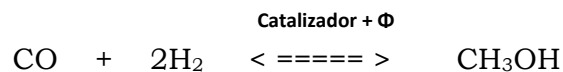
Se estima una inversión de 450 MM\$us y una capacidad de producción de 500.000 tma de metanol, para lo cual se requiere aproximadamente 1,2 millones de metros cúbicos por día (MMmcd) de gas natural. Tomando en cuenta la economía de escala que generará los volúmenes de producción y los mercados, existe la posibilidad de

la implementación de una mega planta de metanol que duplique la antes mencionada capacidad de producción a 1.000.000 tma, con una inversión estimada de 700 MM\$us, no obstante la capacidad deberá ser definida en el Estudio de Ingeniería Conceptual.

Si bien Bolivia durante la gestión 2012 importó alrededor de 1.100 tma, a nivel internacional este producto petroquímico tiene una infinidad de aplicaciones, principalmente como solvente, como materia prima para la obtención de diversos productos químicos y para la mezcla con gasolina para uso automotriz. Considerando que con las adecuaciones en las refinerías dejaremos de importar gasolina el 2015, esta opción sería atractiva a partir del 2021 donde la balanza de producción – demanda vuelve a ser desfavorable para el Estado Boliviano por el incremento del parque automotor.

Actualmente se están realizando las gestiones necesarias para la asignación de recursos que permitan realizar el Estudio de Ingeniería Conceptual, con un presupuesto de 3,67 MM\$us, el cual debe ser presentado durante el primer semestre de 2014 y de acuerdo a sus resultados, se continuará con la ejecución del proyecto.

A continuación se realiza una breve descripción del proceso de obtención del metanol, el mismo es representado en la Ilustración 30. Inicialmente reacciona el gas natural con vapor de agua (reformación), en presencia de un catalizador y bajo condiciones establecidas de presión y temperatura, obteniéndose gas de síntesis, proceso similar al de obtención de amoníaco. La mezcla del gas de alimentación (H_2 , CO y CO_2), y del gas de reciclo es comprimida y precalentada antes de ser introducida al reactor de síntesis de metanol, donde esta mezcla se convertirá en metanol, de acuerdo a las siguientes reacciones químicas:



Posteriormente el metanol y el agua son separados del gas que no ha reaccionado y finalmente el metanol crudo es sometido a destilación para remover el agua y otras impurezas.

Ilustración 30: Proceso de Obtención de Metanol



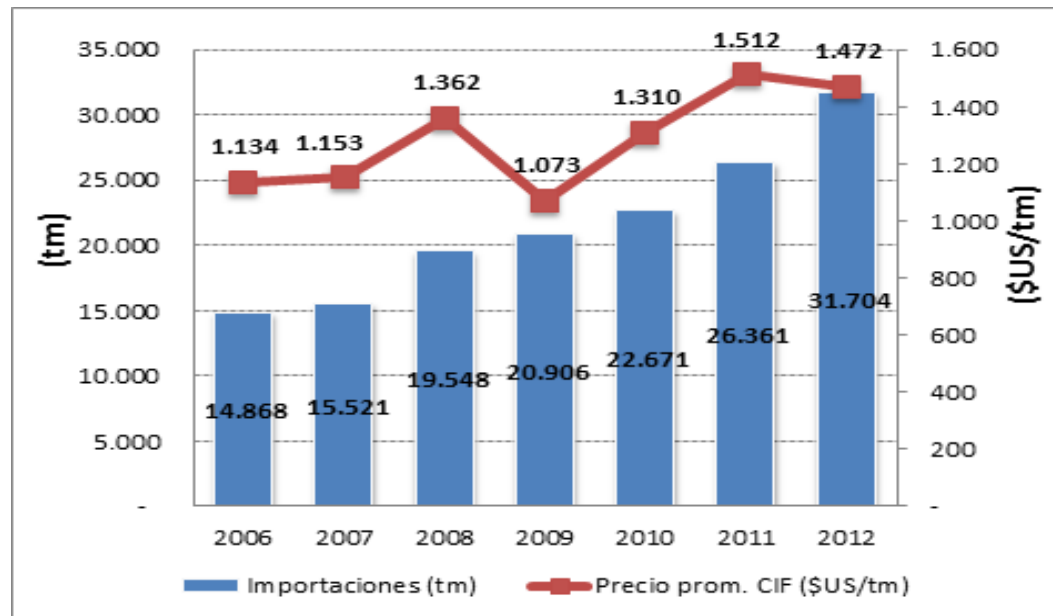
Fuente y Elaboración: VMICTAH

9. PROYECTOS FUTUROS DE LA EBIH

9.1. Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)

Este proyecto tiene por objeto, la producción de 200.000 tma de PVC destinado a satisfacer la demanda del mercado interno y en especial abastecer a la planta de “Petrocasas del Bicentenario”. Tal como se muestra en la Ilustración 31, la demanda boliviana de este polímero durante la gestión 2012, fue de 32.000 tma y se estima que para el 2016 sea superior a 60.000 tma, por lo tanto el 30% de la capacidad de la planta que se pretende instalar, irá destinado al mercado interno y el excedente para exportación, ya que es el tercer polímero de mayor demanda a nivel mundial.

Ilustración 31: Precios e Importaciones de PVC en Bolivia



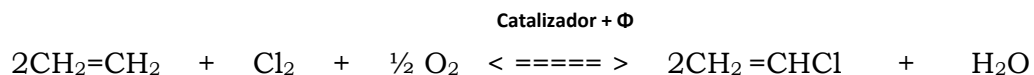
Fuente y Elaboración: VMICTAH en base a datos del INE

Tomando en cuenta la necesidad de aproximadamente 90.000 tma de etileno para su operación, la planta de PVC se ubicaría en el complejo petroquímico de Gran Chaco, para el abastecimientos de etileno por éste complejo; el cloro (Cl₂), deberá ser provisto a partir de la electrólisis de cloruro de sodio (sal común de mesa), proveniente de reservas de sal existentes en el Chaco.

Para este proyecto se estima una inversión de 550 MM\$us, sin embargo este monto no contempla las inversiones requeridas para una planta de generación de energía eléctrica y una Planta de Cloro – Soda.

El proceso de obtención del PVC es mostrado en la Ilustración 32, a continuación se da una breve descripción tecnológica del mismo.

La reacción del etileno y cloro da lugar al monómero cloruro de vinilo (VCM o CH₂=CHCl), obteniéndose previamente el producto intermedio dicloroetano (EDC o ClCH₂-CH₂Cl). El EDC producido es alimentado al horno de craqueo para formar VCM. Tras el craqueo los productos (VCM, HCl y EDC no convertido) pasan a una etapa de destilación donde se obtiene el VCM como producto intermedio. La reacción química global es la siguiente:



Mediante la polimerización del monómero VCM (suspensión o emulsión), en reactores bajo condiciones adecuadas de presión y temperatura, se obtiene el polímero PVC. El VCM y agua caliente alimentan el reactor discontinuo junto con los activadores y aditivos necesarios. En este reactor se lleva a cabo la polimerización endotérmica en suspensión, de acuerdo a la siguiente reacción:

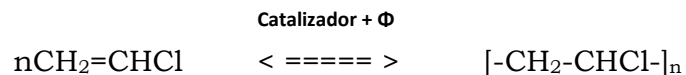
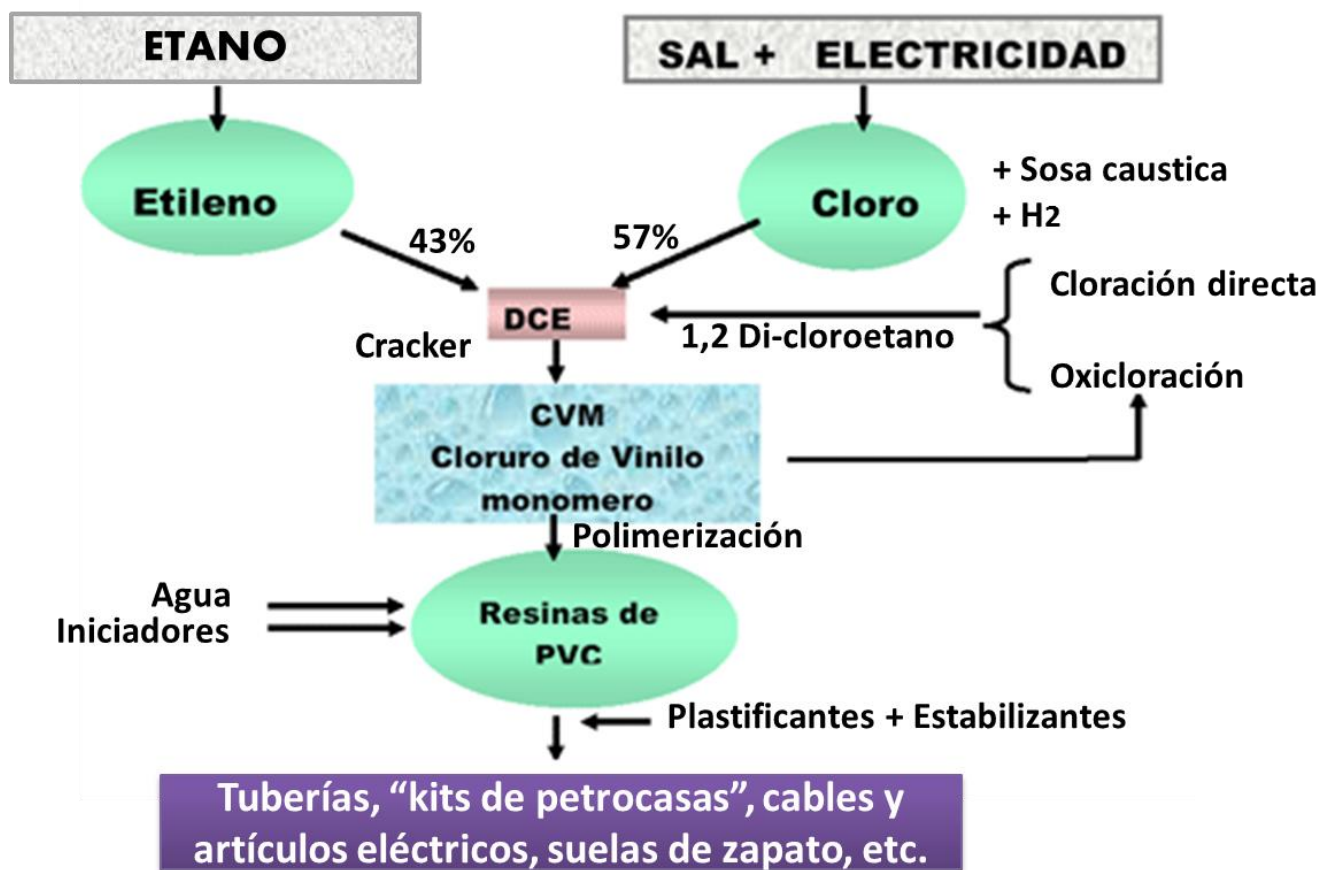


Ilustración 32: Proceso de Obtención de PVC



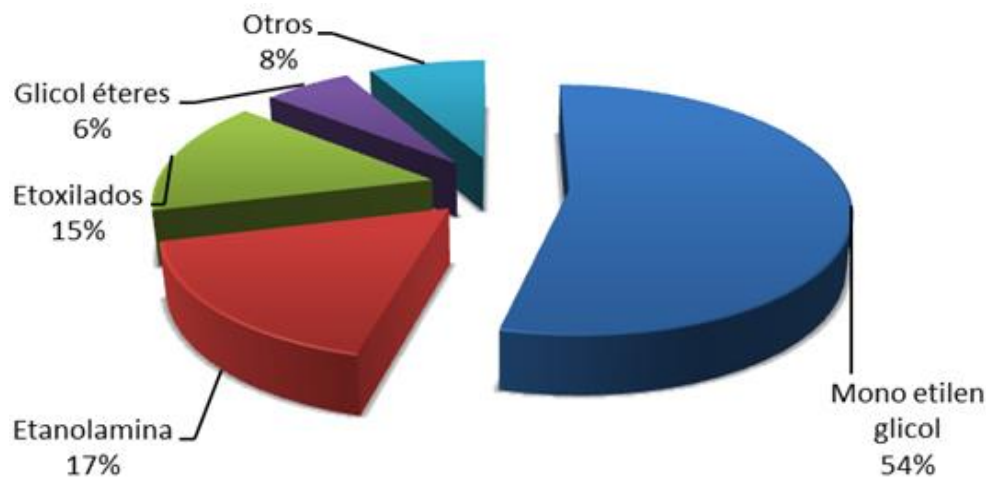
Fuente y Elaboración: VMICTAH

9.2. Planta de Óxido de Etileno – Glicoles

Este proyecto es otra de las alternativas para aprovechar el etano remanente de la Planta de Separación de Líquidos de Gran Chaco, o de lo contrario, de la corriente de GLP de esta planta.

Tal como se muestra en la Ilustración 33, actualmente más del 54% de la demanda mundial de óxido de etileno es utilizado en la producción de mono-etilenglicol o etilenglicol (MEG). El etilenglicol es un líquido incoloro, utilizado en la producción de líquidos anticongelantes, fibras de poliéster, resinas de PET, películas de poliéster, y una variedad de otras aplicaciones, incluyendo fluidos de deshielo de pista para aviones. El uso que se da al di-etilenglicol (DEG), es principalmente para la fabricación de resinas poliéster, líquidos de uso automotriz, sistemas de poliuretano y solvente de tinta. El tri-etilenglicol (TEG) es un líquido claro higroscópico, prácticamente inodoro e incoloro, se utiliza en procesos de deshidratación del gas natural y como solvente para la industria del papel, textil y tintas.

Ilustración 33: Usos de Óxido de Etileno



Fuente y Elaboración: VMICTAH

En Bolivia, la demanda de óxido de etileno y glicoles es mínima (cerca de 1.000 tma en la gestión 2011), por lo tanto el mayor impacto esperado con la implementación de esta planta, es la exportación a mercados de la región y asiáticos para la producción de Polietileno Tereftalato (PET).

Se ha considerado que la planta tendrá una capacidad de producción de 260.000 tma de MEG, 26.000 tma de DEG y 3.000 tma de TEG. La inversión se estima en 580 MM\$us y la ubicación favorable por el abastecimiento de la materia prima (etano o GLP), se recomienda que sea en el Gran Chaco de Tarija.

El proceso de obtención industrial del óxido de etileno consiste en la oxidación directa del etileno con aire o con oxígeno en presencia de un catalizador de plata. La reacción química involucrada es la siguiente:

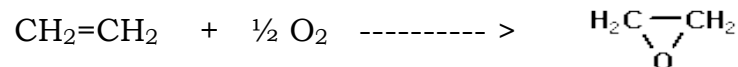
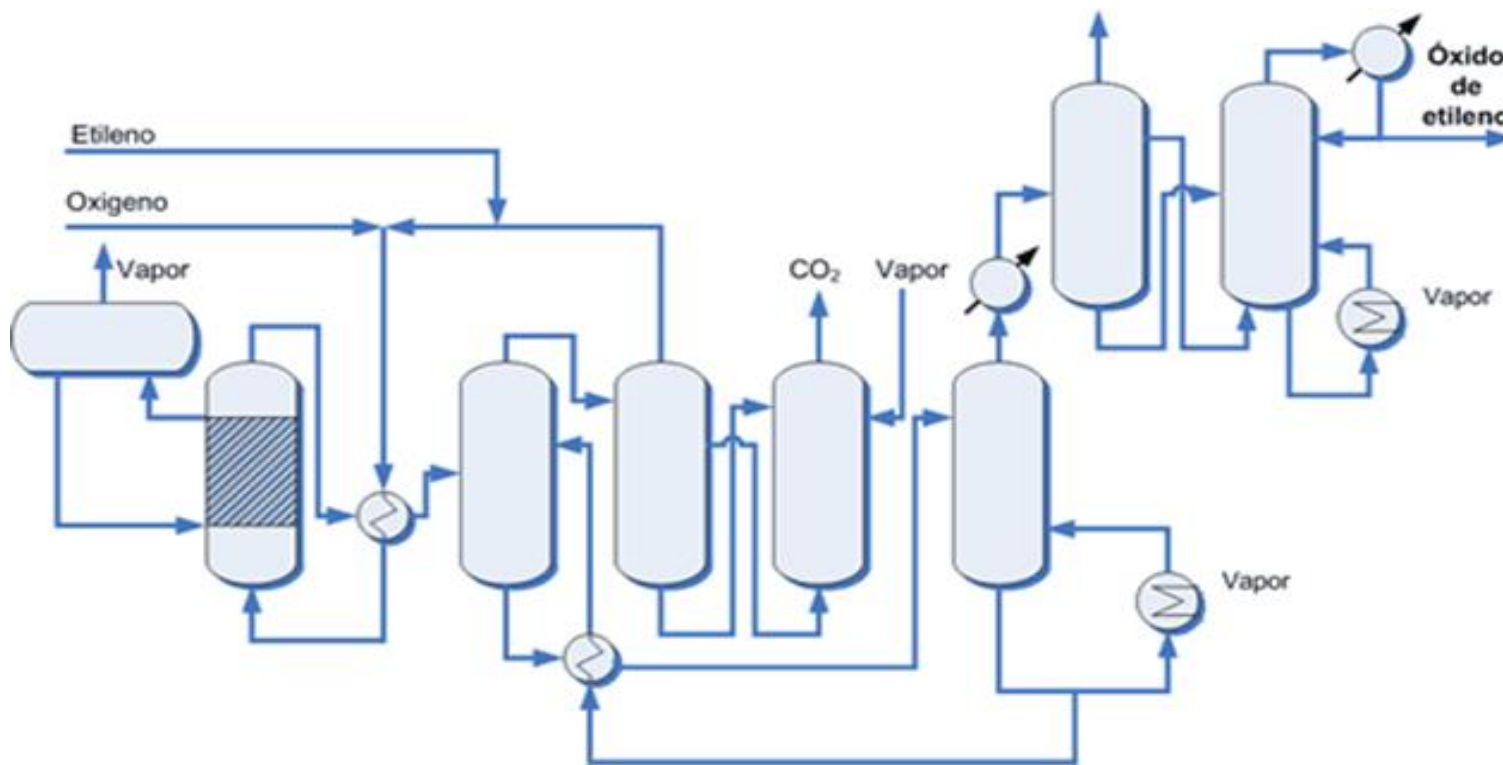
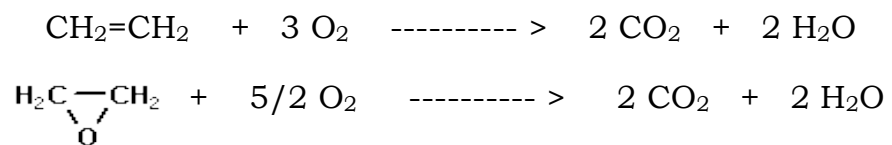


Ilustración 34: Proceso de Obtención de Óxido de Etileno



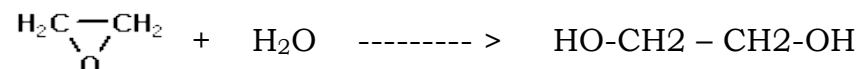
Fuente y Elaboración: VMICTAH

Este proceso está acompañado de las siguientes reacciones químicas secundarias:



Los procesos industriales actuales alcanzan selectividades del 70 – 80% en óxido de etileno.

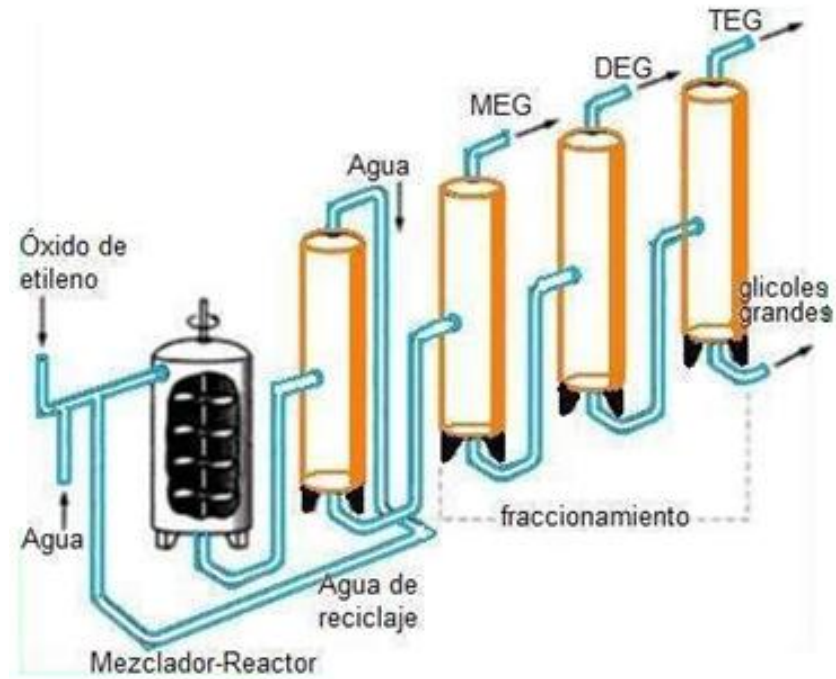
El proceso de obtención de etilenglicol implica la hidrólisis del óxido de etileno, posterior eliminación del agua y purificación por destilación. La reacción química es la siguiente:



Para mejorar la hidrólisis del óxido de etileno, la reacción es llevada a cabo con exceso de agua, de este modo puede evitarse la formación de glicoles mayores, especialmente DEG, TEG, etc. La reacción de hidrólisis se realiza a temperaturas desde 120 hasta 250°C y a presiones desde 30 hasta 40 bares.

Para una mejor comprensión de todo lo anteriormente mencionado, las Ilustraciones 34 y 35 muestran el proceso productivo del óxido de etileno y los glicoles.

Ilustración 35: Proceso de Obtención de MEG, DEG y TEG



Fuente y Elaboración: VMICTAH

9.3. Planta de Nitrato de Amonio

El nitrato de amonio o nitrato amónico es una sal formada por iones de nitrato y de amonio, su fórmula química es NH_4NO_3 y se trata de un compuesto incoloro e higroscópico altamente soluble en el agua. Es explosivo y auto detonante en ausencia de agua o aplicación de calor o fuego.

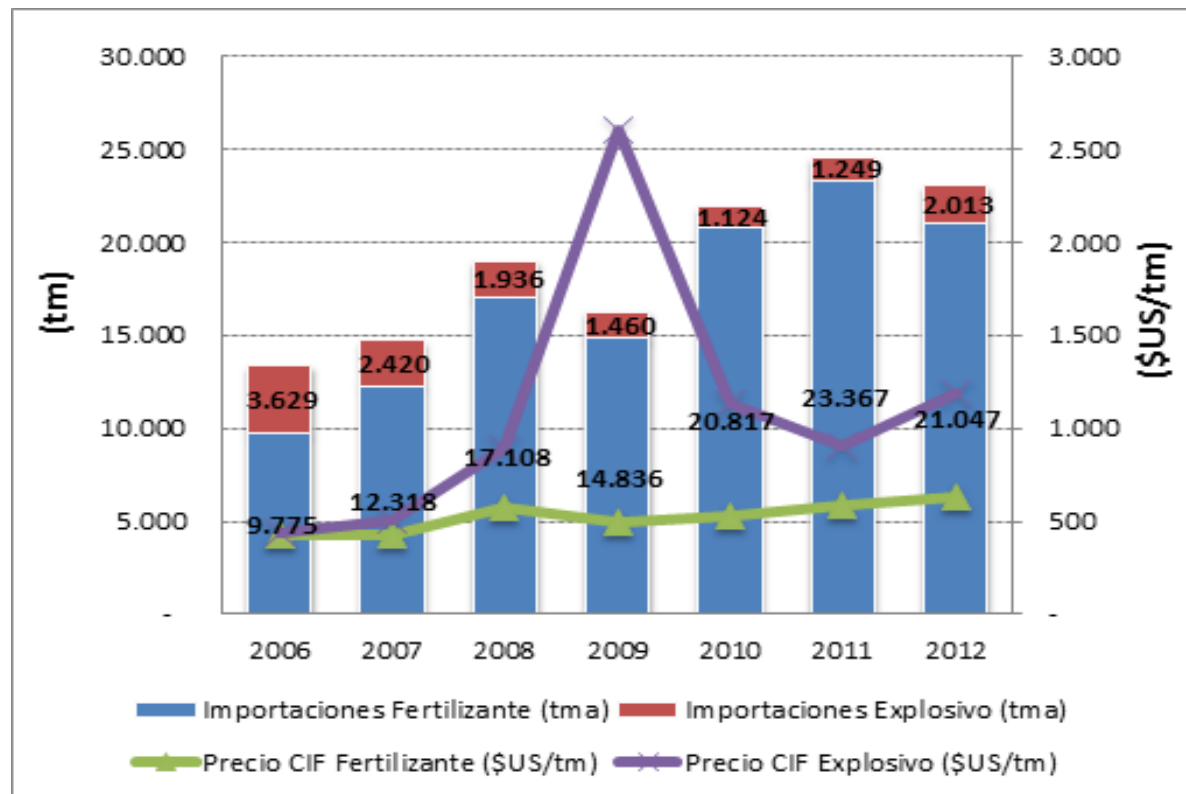
Sus principales usos son como fertilizante y como explosivo (ver Ilustración 36). El nitrato de amonio en solución acuosa, es uno de los fertilizantes más usados a nivel mundial por su alto contenido de nitrógeno aportado por el anión nitrato que es absorbido directamente por las plantas, mientras que el catión amonio es oxidado por bacterias del suelo hacia nitrito o nitrato, y fertiliza la tierra a más largo plazo. Por otro lado, el nitrato de amonio puede ser usado en su forma pura o combinada con otros elementos o compuestos químicos para la fabricación de explosivos de uso militar y civil (minería y construcción); entre los más conocidos tenemos el ANFO (*Ammonium Nitrate Fuel Oil*), que resulta de la combinación de nitrato de amonio con un derivado del petróleo (diésel o kerosene), la proporción de nitrato de amonio y el derivado del petróleo es variable, pero por lo general está en el entorno de 90 a 97 % de nitrato de amonio y 3 a 10% de diésel u otro derivado.

Ilustración 36: Usos principales del Nitrato de Amonio



En nuestro país, el principal uso que se da al nitrato de amonio es como fertilizante, tal como se puede observar en la Ilustración 37, durante la gestión 2012 importamos más de 21.000 toneladas de este compuesto, a un precio CIF de 630 \$us/tm; en cambio solo se importaron 2.013 toneladas de explosivo a base de nitrato amonio, pero a un precio mucho mayor que fue de 1.185 \$us/tn (CIF), lo cual demuestra el gran valor de este compuesto químico en sus diferentes aplicaciones.

Ilustración 37: Precios e Importaciones de Nitrato de Amonio en Bolivia

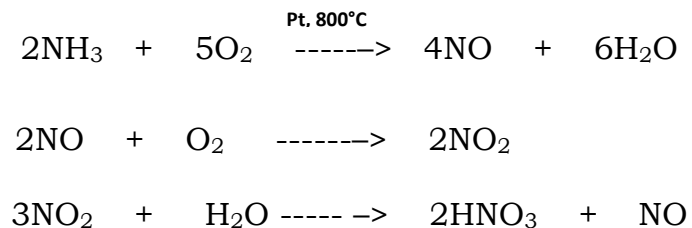


Fuente y Elaboración: VMICTAH en base a datos del INE

Por todo lo expuesto y considerando la vocación agrícola y minera del país resulta necesario proponer la realización de un estudio para la implementación de este proyecto, a objeto de satisfacer las necesidades internas y como una alternativa más para el aprovechamiento del excedente de producción de amoníaco de la Planta de Amoníaco y Urea de Cochabamba. La capacidad de producción y la inversión serán posteriormente definidas en función a los estudios de Ingeniería Básica; sin embargo por la referencia que se tiene de uno de los proyectos a nivel regional (Perú, mayo de 2012), una Planta de Nitrato de Amonio con una capacidad de producción de 400.000 tma, tiene un costo superior a los 500 MM\$us.

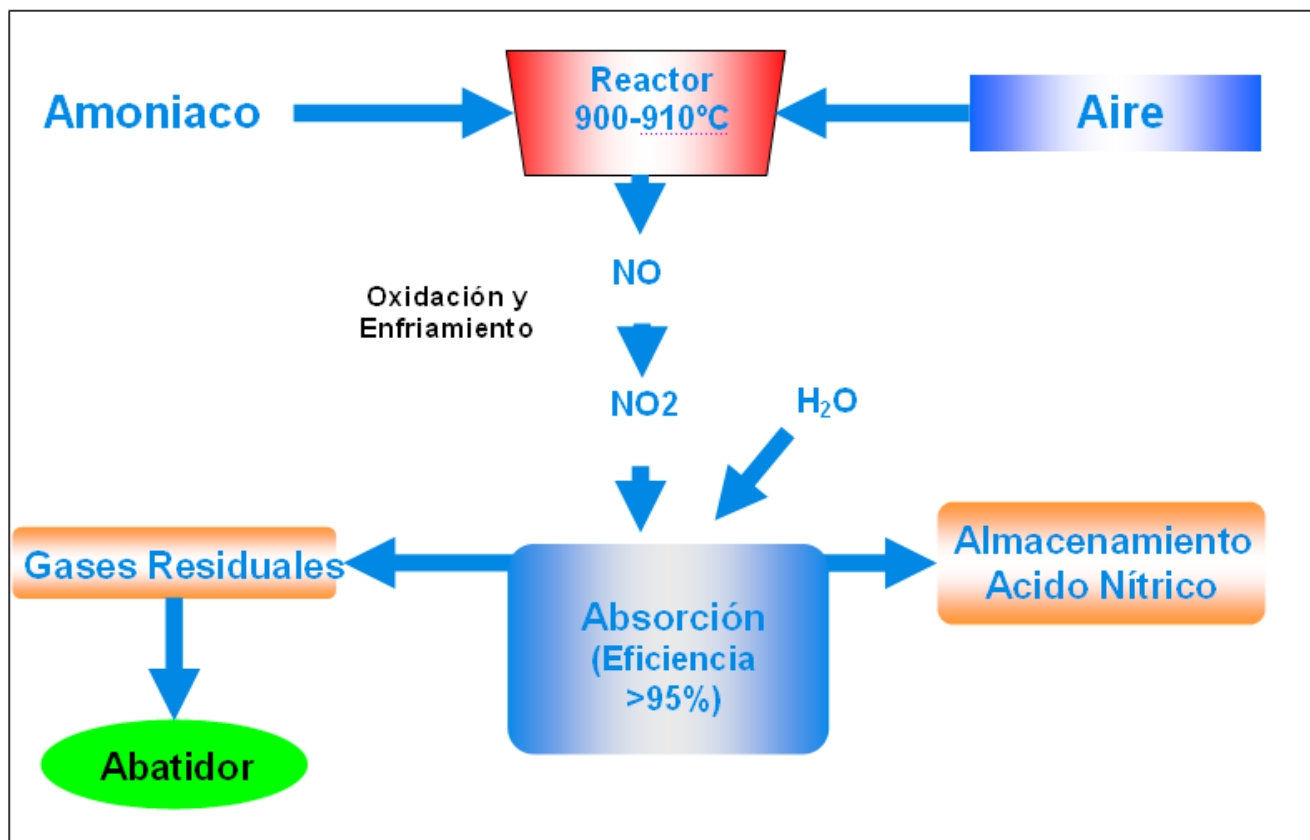
El nitrato de amonio es obtenido de la reacción de neutralización del ácido nítrico (HNO₃) con amoníaco (NH₃). El proceso de obtención de amoníaco ya fue desarrollado anteriormente, por lo que pasamos a explicar el proceso de obtención del ácido nítrico.

El ácido nítrico es obtenido por proceso de Ostwald (ver ilustración 38), que es el proceso industrial de síntesis de ácido nítrico más común, y consiste en la oxidación catalítica del amoníaco a monóxido de nitrógeno (NO), usando como catalizador platino (Pt) con un pequeño porcentaje de paladio, con una posterior oxidación del mismo a dióxido de nitrógeno (NO₂), para finalmente reaccionar con agua produciendo ácido nítrico. Las tres reacciones especificadas son:



El monóxido de nitrógeno (NO) producido en la última reacción se recicla, volviendo a la cámara de reacción para producir NO₂ a partir de la segunda reacción.

Ilustración 38: Proceso de Obtención de Ácido Nítrico



Fuente y Elaboración: VMICTAH

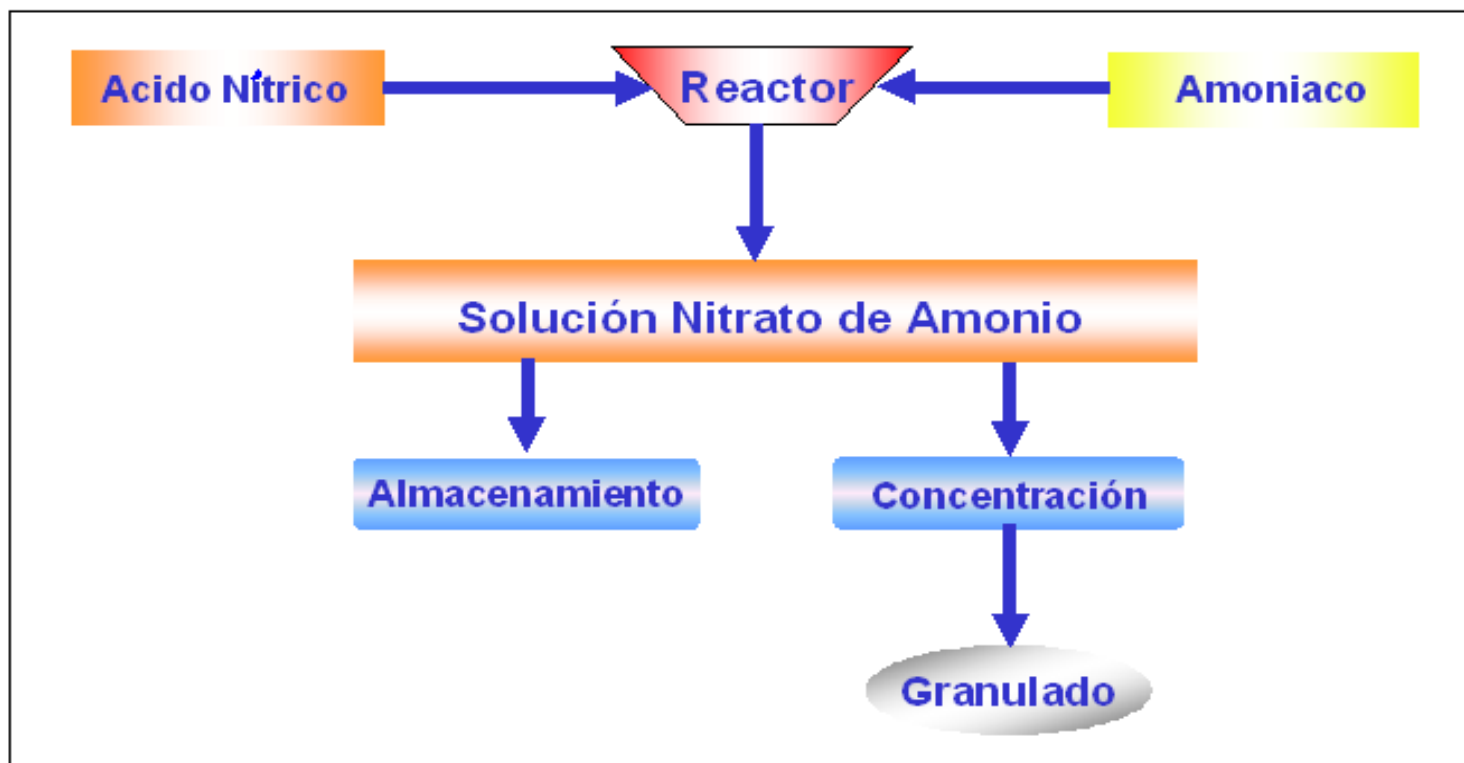
Luego, en un segundo reactor el ácido nítrico es mezclado con amoníaco, obteniéndose nitrato de amonio en forma líquida, de acuerdo a la siguiente reacción:



Esta reacción es exotérmica e instantánea, y debe llevarse a cabo bajo estrictos controles y medidas de seguridad, para evitar explosiones, quemaduras y otros accidentes, ver ilustración 39.

Finalmente, la solución acuosa de nitrato de amonio es enviada a una “torre de prillado”, en la cual por un proceso de evaporación y enfriamiento, el nitrato de amonio en solución es convertido en nitrato de amonio sólido (granulado o también llamado *prill*).

Ilustración 39: Proceso de Obtención de Nitrato de Amonio



Fuente y Elaboración: VMICTAH

10. CONCLUSIONES

El proceso de industrialización de nuestros hidrocarburos que se lleva adelante en nuestro país, depende de muchos factores como el asegurar materias primas en condiciones oportunas y competitivas, recursos económicos, mercados, tecnología, estímulos a la participación de capitales privados, nacionales e internacionales, además de la voluntad política y la capacidad de gestión que está demostrando el gobierno del Presidente Evo Morales; los proyectos petroquímicos “Complejo de Amoniaco y Urea” y el “Complejo de Etileno y Polietileno”, actualmente en ejecución, nos permitirán pasar de la exportación de materias primas a la exportación de productos intermedios o terminados con valor agregado, generando polos de desarrollo industrial y empleo para los bolivianos.

El mensaje más claro que ha lanzado Bolivia a nivel internacional es la toma de decisión soberana acerca de qué proyectos petroquímicos emprender y cuando implementarlos, esto bajo el respaldo de los más de 16.000 MM\$us percibidos por la renta petrolera en estos últimos 7 años de retoma y nacionalización de la propiedad de nuestros recursos hidrocarburíferos.

La implementación de los proyectos antes mencionados responde a las necesidades y objetivos estratégicos del sector hidrocarburífero y del Estado Plurinacional de Bolivia, los mismos deben ser desarrollados cumpliendo con las fases que implican la ejecución de un proyecto.

Es importante resaltar que los recursos económicos obtenidos por la industrialización de nuestros recursos naturales, permitirán el incremento del producto interno bruto (PIB) y en un futuro no muy lejano, la soberanía financiera del país.