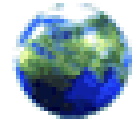




UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON

Facultad de Ciencias y Tecnología

Proyecto CAE



CAE

INDUSTRIALIZACION DEL GAS NATURAL BOLIVIANO

Por Saul J. Escalera, Ph.D.

**Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
New York Academy of Sciences**

Agosto, 2002



CONTENIDO

1. GAS NATURAL EN BOLIVIA

1.1 Composición.

1.2. Procesamiento

2. FERTILIZANTES NITROGENADOS EN BASE AL GAS NATURAL.

2.1. Fertilizantes Nitrogenados

2.2. Proceso de Fabricación

2.3. Mercado de Fertilizantes.

2.4. Evaluación Económica

3. PROCESOS PETROQUIMICOS A PARTIR DE GAS NATURAL.

3.1. Rutas de Procesos

3.2. Conversión a Diesel

3.3. Evaluación Económica.

3.4 Plásticos a Partir de Gas Natural

3.5. Derivados Plásticos

3.6. Rutas de Producción

3.7. Evaluación Económica



CONTENIDO

4. GAS REFORMADO COMO REDUCTOR DE FIERRO EN INDUSTRIA DEL ACERO.

- 4.1. Fierro y Acero**
- 4.2. Proyectos Bolivianos**
- 4.3. Tecnologías del Fierro y del Acero**
- 4.4. Evaluación Económica**

5. ¿QUE HACER EN BOLIVIA?

- 5.1. Ruta de Exportación via Ilo**
 - **Planta de Fertilizantes y Usina Termoeléctrica en Uyuni**
 - **Planta de Diesel y Plásticos en Oruro**
- 5.2. Rutas de Exportación vía Perú: Ventajas para Bolivia**
- 5.3. Ruta de Exportación vía Chile: Desventajas para Bolivia**

6. CONCLUSIONES FINALES.



FERTILIZANTES

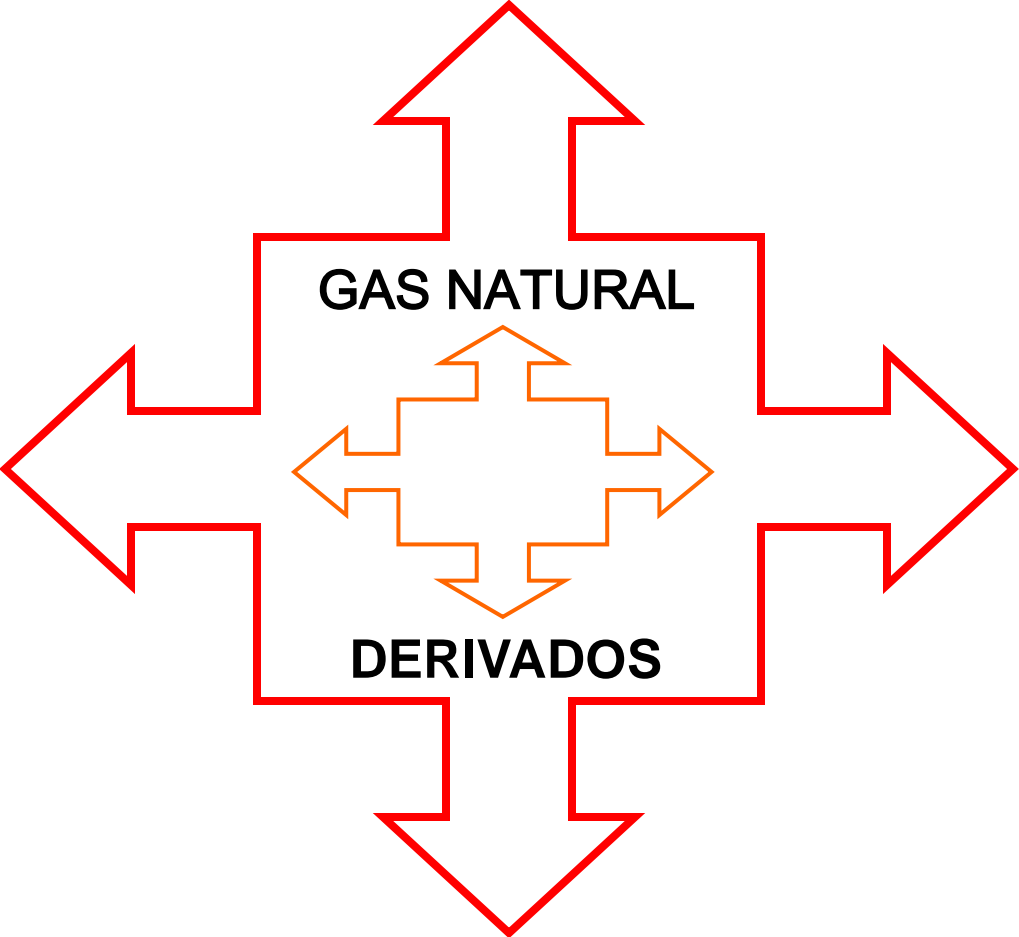
GAS NATURAL

DERIVADOS

PLASTICOS

DIESEL

FIERRO Y ACERO





GAS NATURAL EN BOLIVIA

- **PREMISA 1**

Las ingentes reservas de gas natural en Bolivia 53 trillones de pies cúbicos actuales (que representan 2 millones de metros cúbicos) son un recurso natural no renovable que Bolivia debe aprovechar ahora para establecer las bases de su tan ansiado desarrollo socioeconómico para bien de las generaciones futuras



GAS NATURAL EN BOLIVIA

- **PREMISA 2**

Su simple venta al extranjero como materia prima (cerca de 12 trillones de pies cúbicos en los próximos 10 años al Brasil) - si bien parece producir réditos económicos inmediatos al país - no constituye una acertada decisión sociopolítica del gobierno nacional, porque se está negociando con un bien que puede ser industrializado regionalmente para lograr productos de valor agregado, dando fuentes de trabajo a miles de bolivianos y triplicando sus ingresos impositivos.



COMPOSICION

Tabla 1. Componentes del Gas Natural en Bolivia(*)

Componente Carrasco (Substancia) (Vol.)	Mezcla Bolivia	
	(% Vol)	(% Vol.)
Metano	88,36	84,25
Etano	7,17	6,89
Propano	1,57	2,74
Butanos	0,19	1,13
Más pesados	0,63	
0,68		
Dióxido de carbono	1.14	3.99

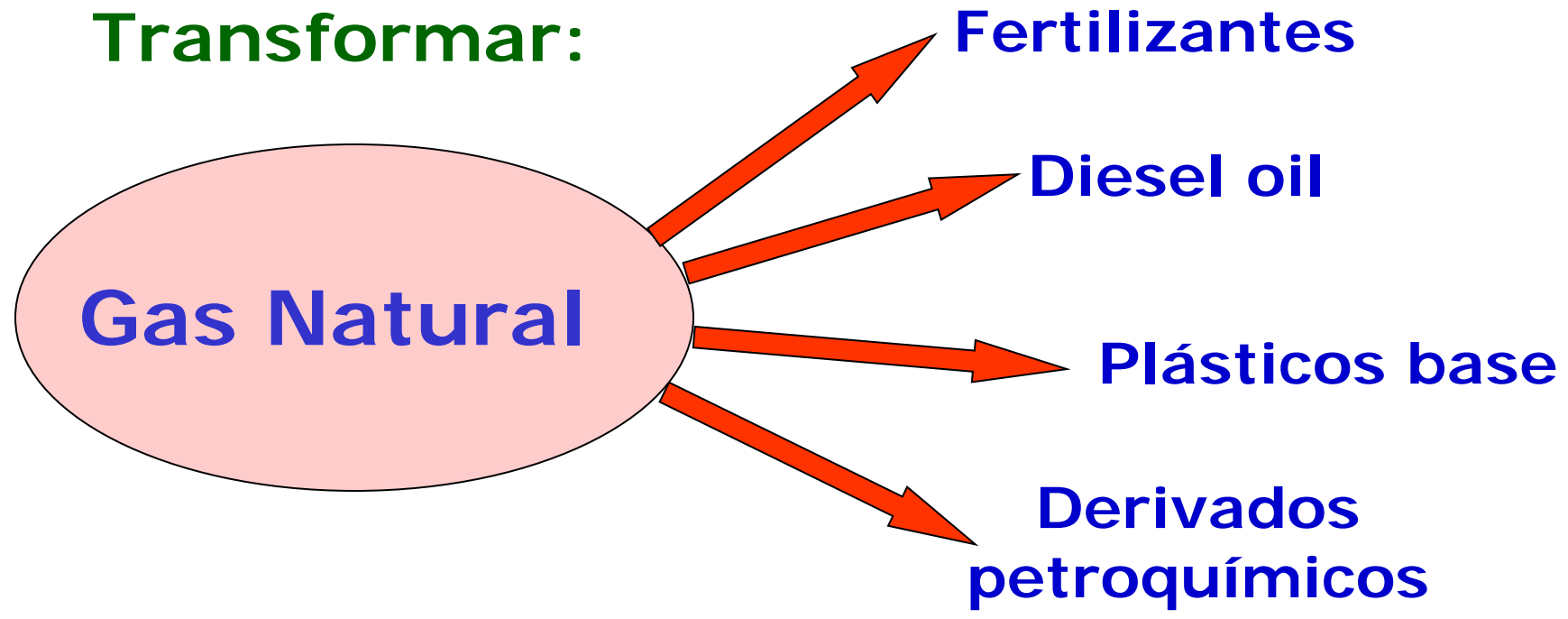


PROCESAMIENTO

- Procesamiento del Gas Natural**

La industria del procesamiento de gas natural ocupa un segmento importante en el sector de la petroquímica

Transformar:





FERTILIZANTES NITROGENADOS EN BASE AL GAS NATURAL



FERTILIZANTES NITROGENADOS

- **Producción de Amoniac y Derivados**

La producción de amoniaco y sus derivados a partir de gas natural reformado es un proceso muy conocido en el mundo, y muchos países productores de gas natural casi siempre han comenzado su industrialización con una planta de amoniaco.



PROCESO

1. Descarbonización. Se retira el CO del gas natural, en un lecho adsorbente de etanolamidas,

2. Reforma. (catalizador de Ni):



Rendimiento mayor a 90%.

3. Conversión del CO y purificación del gas. En lecho catalizador de óxido de Fe:



El CO₂ es retirado dejando hidrógeno libre de impurezas

4. Metanación. Trazas de CO y CO₂ se convierten en CH₄ en un lecho de catalizador de níquel.



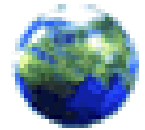
PROCESO

5. Compresión y síntesis del amoniaco.

La mezcla de gases se comprime a presión de 320 kg/cm² y sometida a temperatura de 400°C en lecho catalizador de óxido de hierro, para dar:



El amoniaco formado tiene rendimiento del 90%



Derivados Fertilizantes

Gas natural reformado
(3H₂) +
aire comprimido (N₂)

Más del 80% del
NH₃ producido se
usa para fabricar
fertilizantes

Amoniaco
NH₃

- sales de amonio
- nitrofosfatos
- nitratos de K, Na, Ca
- nitritos de K, Ca
- urea



MERCADO DE FERTILIZANTES

• Mercado en Bolivia

Tradicionalmente, Bolivia nunca ha sido un mercado atractivo para el rubro de fertilizantes. La demanda en 1990 fue de 20.000 TM/año y el año 2000 apenas llegó a los 30.000 TM/año.

Los mercados naturales para los fertilizantes que produciría Bolivia son el Mercosur y el Pacto Andino. Estos fertilizantes son importantes en la agricultura (café, banano, arroz, caña de azúcar, algodón, tabaco y pastos).



MERCADO DE FERTILIZANTES

•Grupo Andino

El consumo de fertilizantes es grande. Sólo en Colombia:

Demanda de urea el 2000 era de 400.000 TM/año y para el año 2010 se estima que suba a 500.000 TM/año [Salgado, 1997].

En todos los países de la subregión Andina, esta demanda pasará fácilmente el millón de TM/año el año 2010.



MERCADO DE FERTILIZANTES

•Mercosur

En los países del Mercosur, la demanda de fertilizantes es mucho mayor.

Brasil, Argentina y Paraguay tienen una agricultura intensiva de café, soya, caña de azúcar, algodón y pastos. Su demanda para el año 2000 era de 2 millones de TM/año. Se estima que la demanda para la próxima década será alrededor de 3 millones de TM/año.



EVALUACION ECONOMICA

- **Planta Industrial en Bolivia:**

Comenzar con erigir en Uyuni una planta pequeña con capacidad de 300 TM/día de amoniaco para combinarlo con K del salar de Uyuni y el P de Capi- nota, y producir NPK para cubrir la demanda nacional y exportar el excedente a los mercados del Pacto Andino y el Mercosur.

- **Inversión:**

\$US 60 millones para una producción de 300 TM/año [Salgado, 1997].

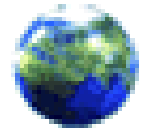


PROCESOS PETRO- QUIMICOS A PARTIR DEL GAS NATURAL

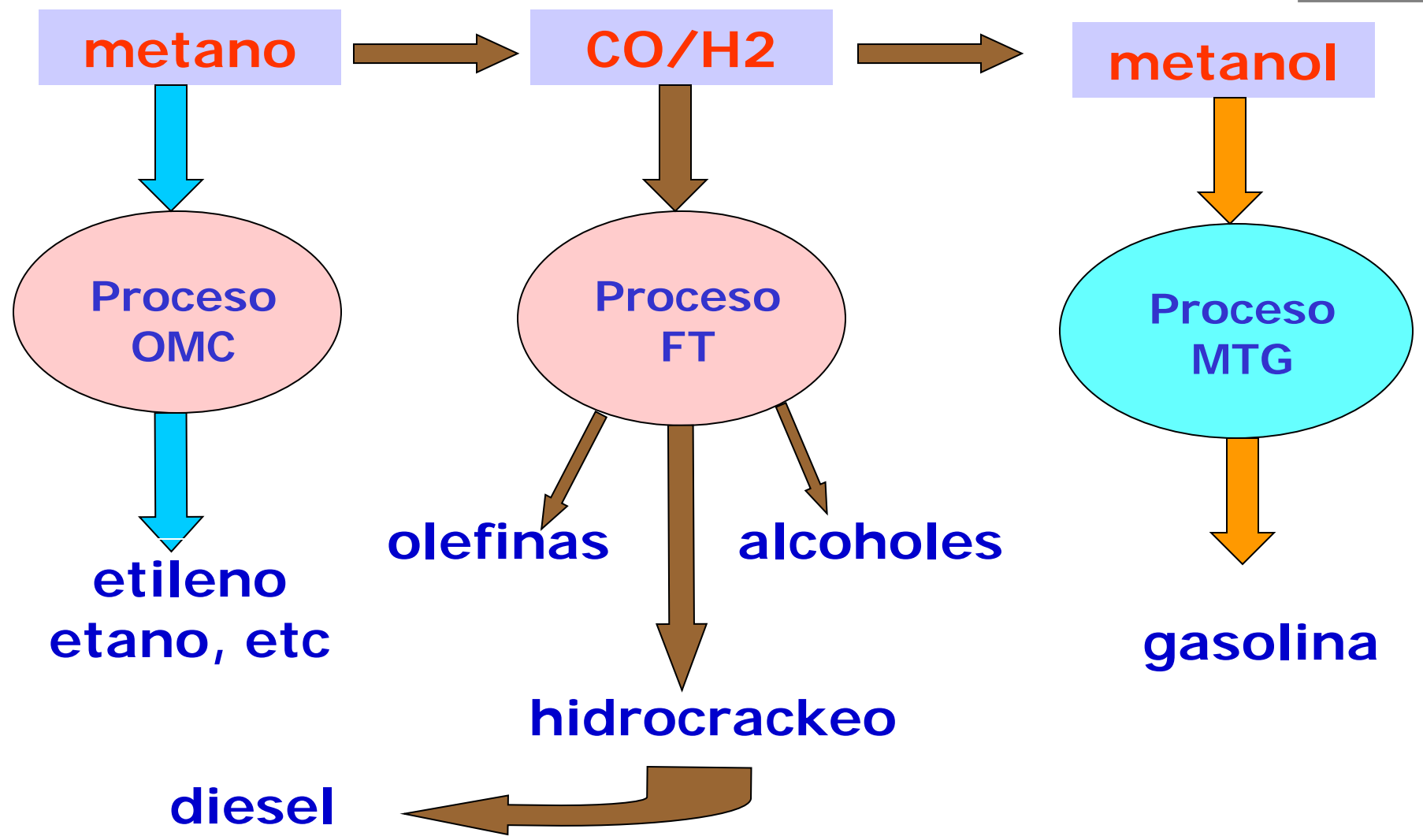


PROCESOS PETROQUIMICOS

Las rutas indirectas vía CO/H₂ han progresado substancialmente en el desarrollo comercial del gas natural. La tecnología basada en la catálisis FT puede producir muchos productos, como olefinas de bajo peso molecular (etileno y propileno), parafinas, alcoholes u otros productos de alto valor agregado que son materia prima para la industria de los plásticos. La siguiente figura muestra estos procesos



RUTAS DE PROCESOS





DIESEL OIL A PARTIR DEL GAS NATURAL



CONVERSION A DIESEL OIL

La Shell Oil Company ha desarrollado el proceso "Síntesis de Destilación Media" (SMDS) que usa gas natural en dos etapas catalíticas consecutivas. En la primera se produce parafina de alto peso molecular por catálisis FT y en la segunda etapa la parafina es hidrocrackeada en un rango de punto medio de ebullición [Fierro, 1993]. Hay una planta comercial de este tipo en Malasia que utiliza gas natural y produce diesel sintético de alto número de octano y sin estructuras aromáticas o heteroátomos (S, N, V, Ni).



EVALUACION ECONOMICA

• Mejor Alternativa

La mejor alternativa es ubicar en Oruro la Planta de conversión a diesel oil. Esta planta deberá ser del **Tipo FT** utilizado en Malasia que utiliza gas natural y produce diesel sintético de alto número de octano y sin estructuras aromáticas o heteroátomos (S, N, V, Ni) [Fierro, 1993].

Inversión:

Planta con producción de 100.000 TM por año, costaría alrededor de \$US 200 millones. [Fierro, 1993].



PLASTICOS A PARTIR DEL GAS NATURAL

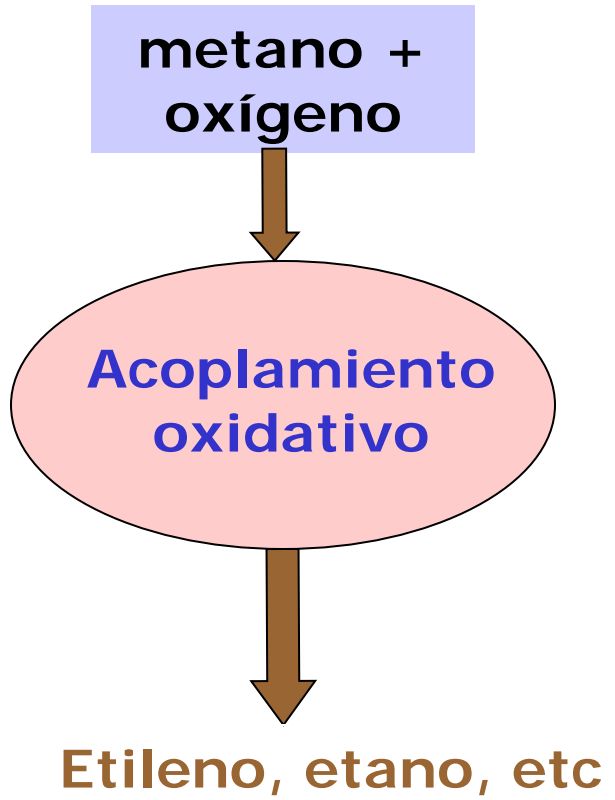


DERIVADOS PLASTICOS

Se mencionan sólo dos rutas para producir olefinas en base a metano concentrado producido a partir de gas natural. Una es la síntesis directa basada en un acoplamiento oxidativo del CH_4 , y la segunda es la conversión del metanol (derivado del metano vía síntesis del gas). Estas dos rutas son las más factibles económicamente [Nirula, 1996],

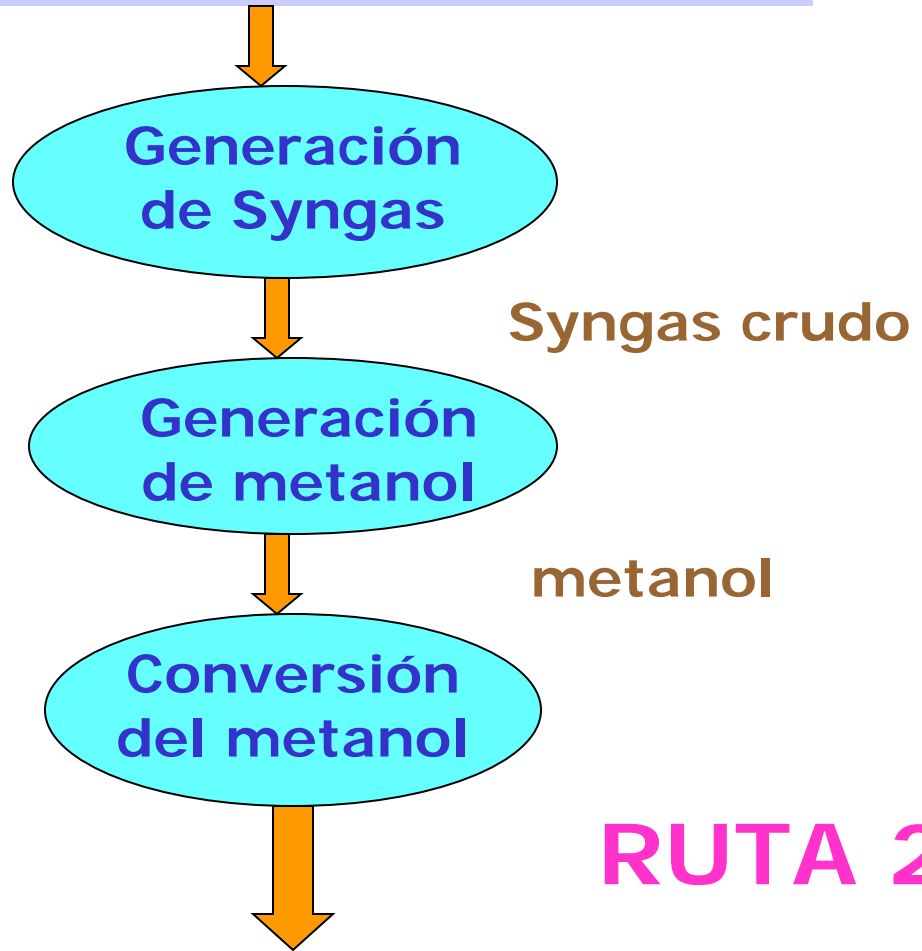


RUTAS DE PROCESO



RUTA 1

Metano + vapor de agua



etileno propileno, etc

RUTA 2



RUTAS DE PRODUCCION

1. Acoplamiento Oxidativo

Proceso desarrollado por ARCO y comercializada por Lyondell Petrochemical. En un reactor de lecho fijo se coalimenta O_2 y CH_4 , y catalizador MnO_2 más compuestos de Li, Mg y B (promotores). Conversión tiene eficiencia de 25% y la selectividad total del carbono a etileno y propileno es de 44,5% y 65%, respectivamente [Nirula, 1996].

2. Conversión vía Metanol

Union Carbide de USA desarrolló en década '80 familia de catalizadores basados en tamices moleculares de aluminofosfatos, estos ofrecen mayor selectividad para producir olefinas de bajo carbono (cerca de 95% para C2-C4), además produce conversión casi completa del metanol [Nirula, 1996].



EVALUACION ECONOMICA

•Mejor Alternativa:

La ruta de acomplamiento oxidativo es la mejor alternativa si es que se logra aumentar la selectividad del etileno y propileno hasta 50% y 80%, respectivamente. Costos de operación pueden disminuir si precio del gas se mantiene en cerca de \$US 1,0 por millón de BTU. [Nirula, 1996]. La planta debe estar localizada en Oruro, cerca del gasoducto a Arica.

Una planta con producción de 100.000 TM por año, costaría \$US 200 millones. [Nirula, 1996].



GAS REFORMADO COMO REDUCTOR DEL FIERRO EN LA INDUSTRIA DEL ACERO

FIERRO Y ACERO

- **Correlación entre Acero y Desarrollo**

Acero consumido  **PIB**

Acero consumido 

 **Desarrollo Económico de un País**

Hecho firmemente establecido en el mundo.



FIERRO Y ACERO

- **Escenario Boliviano:**

Las perspectivas del crecimiento futuro de la economía boliviana están ligadas estrechamente al desarrollo siderúrgico, en base a las reservas del Mutun de 4.000 millones de toneladas de hematita.



PROYECTOS BOLIVIANOS

• Proyectos de Banzer

Desde 1972 han sido muchos los estudios técnicoeconómicos realizados sobre el Mutum. Sólo tres tienen detalle de análisis:

“Oportunidades para la Producción de Acero en Bolivia”, Realizado por la consultora Arthur D. Little, Inc. de USA, en asociación con Prudencio Claros y Asociados de Bolivia. Informe Final Agosto de 1972.

“Estudio Preliminar de Reservas, Minería, Concentración e Instalaciones del Depósito de Hierro Bolivia”. Realizado por la consultora Kaiser Engineers, USA para SIDERSA. Informe Final Julio de 1978.

Banzer gastó 11 millones de \$US en estudios, y por falta de definición de una política nacional respecto a Siderurgia y como no se conocían reservas de gas natural en campos bolivianos, los proyectos fueron postergados.



PROYECTOS BOLIVIANOS

• Proyectos Posteriores

En 1984, la Unidad Promotora del Hierro y Acero de Santa Cruz, contrata a consultora brasilera COBRAPI por \$US 650 mil y su informe tiene el siguiente título:

“Estudio de Minería, Concentración y Reducción del Fierro del Depósito del Mutun, Bolivia”. Realizado por la consultora brasilera COBRAPI para SIDERSA. Informe Julio de 1985.

Nuevamente, el proyecto es postergado por falta de definición de una política siderúrgica nacional.



TECNOLOGIA DEL FIERRO

• Reducción del Fierro

El $3\text{H}_2 + \text{CO}$ producidos por reforma de gas natural son puestos en horno de retorta a 1.600°C para dar:



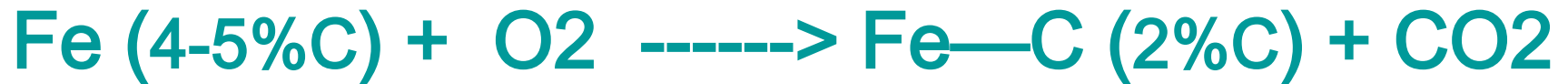
Este proceso produce “fiero esponja” con 4 a 5 %C. Desarrollado por HYLSA de México en la década de los 60 y luego adquirida por MIDREX en la década 1980 para comercializar en el mundo.



TECNOLOGIA DEL ACERO

•Producción de Acero

El **fierro esponja** va a un horno eléctrico de arco con donde se insufla aire comprimido para bajar el contenido de carbono en el hierro. Esta mezcla es a una temperatura de 800°C produce acero:



Acero producido con rendimiento mayor al 90%, totalmente comerciable como **palanquilla**, que es utilizado como materia prima para producción de otros derivados del acero (v.g. acero inoxidable)
Ejemplo Aceros TESA en Oruro.



TECNOLOGIA DEL FIERRO Y ACERO

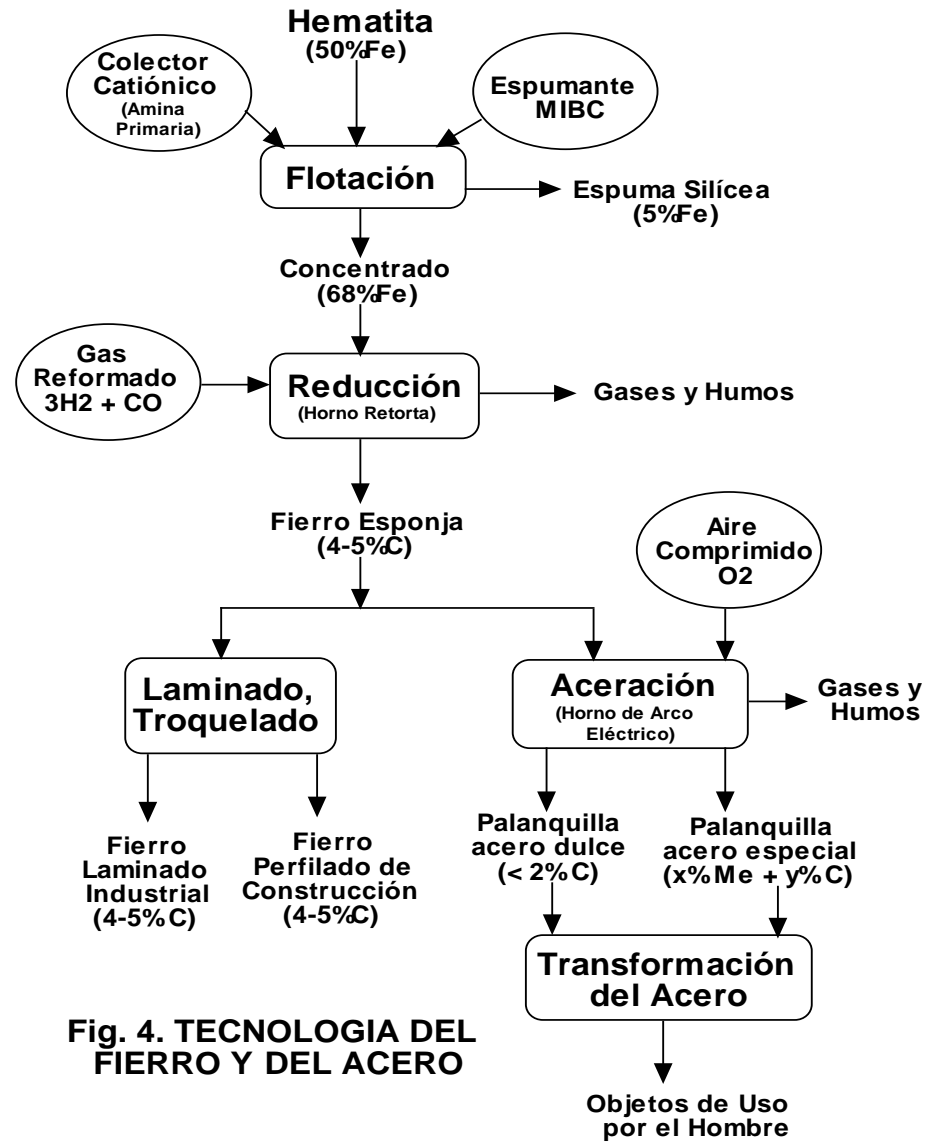


Fig. 4. TECNOLOGIA DEL FIERRO Y DEL ACERO



EVALUACION ECONOMICA

- **Costos de Inversión:**

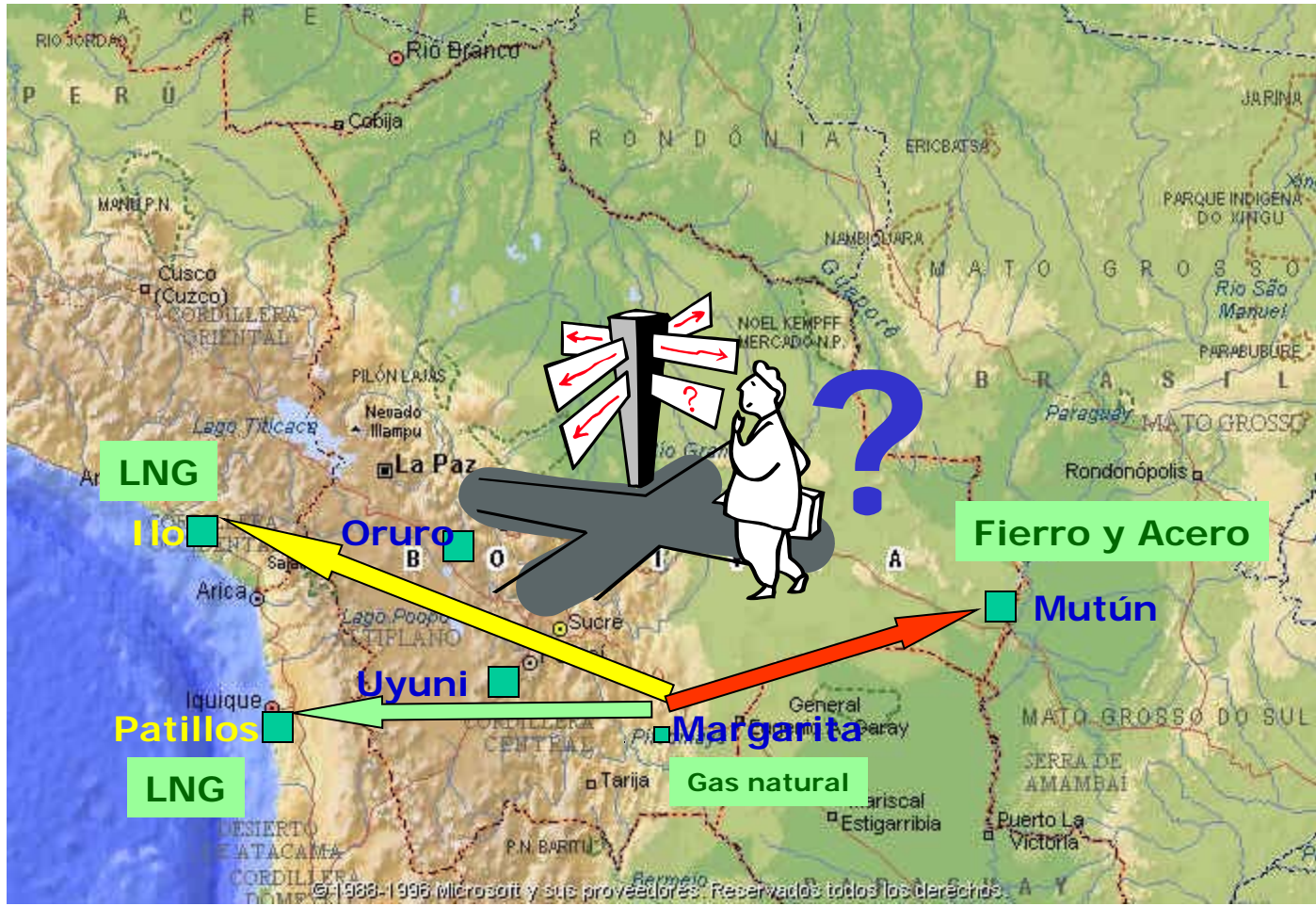
Una planta para producir un millón de TM/año por el proceso MIDREX es de \$US 640 millones. En el caso boliviano la mayor parte del fierro y acero así producidos tendrá que ser exportado porque el consumo nacional es de solo 100 mil TM/año para los dos productos combinados. Se debe seguir adelante con el proyecto del Mutun porque el precio en Bolivia por Kg de hierro de construcción (\$US 1,0) es el precio que tiene un Kg de acero especial en Brasil o Venezuela.



¿QUÉ HACER EN BOLIVIA?



¿QUÉ HACER EN BOLIVIA?



© 1988-1996 Microsoft y sus proveedores. Reservados todos los derechos.

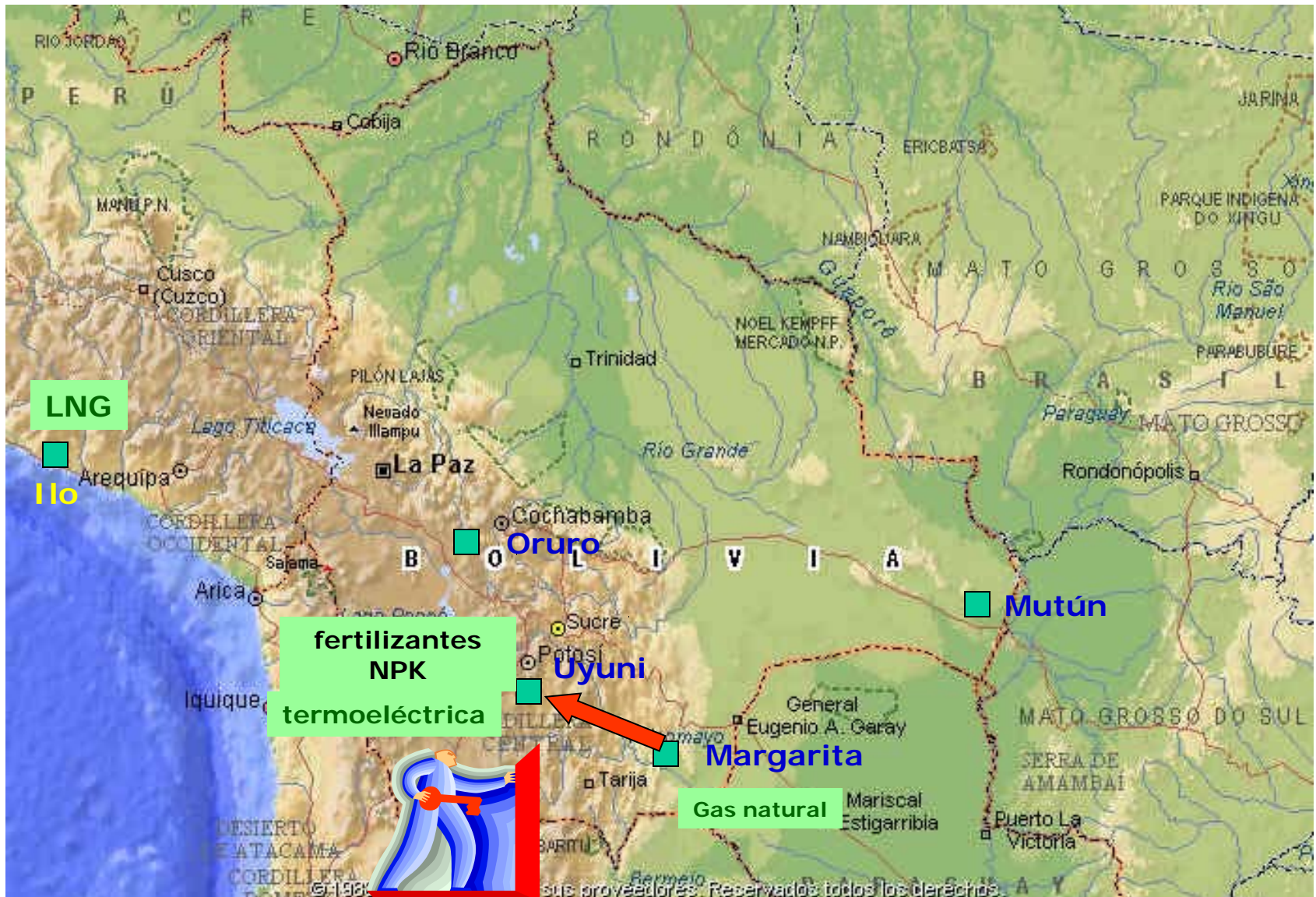


Ruta de Exportación vía Ilo Perú



Subestación Uyuni

CAE





EXPORTACION vía ILO

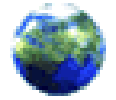
A pesar de ser la ruta más larga, potenciaría a la región industrialmente dando a Bolivia ventajas de gran alcance socio-económico con subestaciones en Uyuni y Oruro.

1. SUBESTACION UYUNI:

A. Planta de amoniaco construida en esta ciudad. Tiene un salar con suficientes reservas de KCl, que junto a las reservas de roca fosfórica en Capinota (CBBA) pueden producir materia prima para formular fertilizantes NPK.

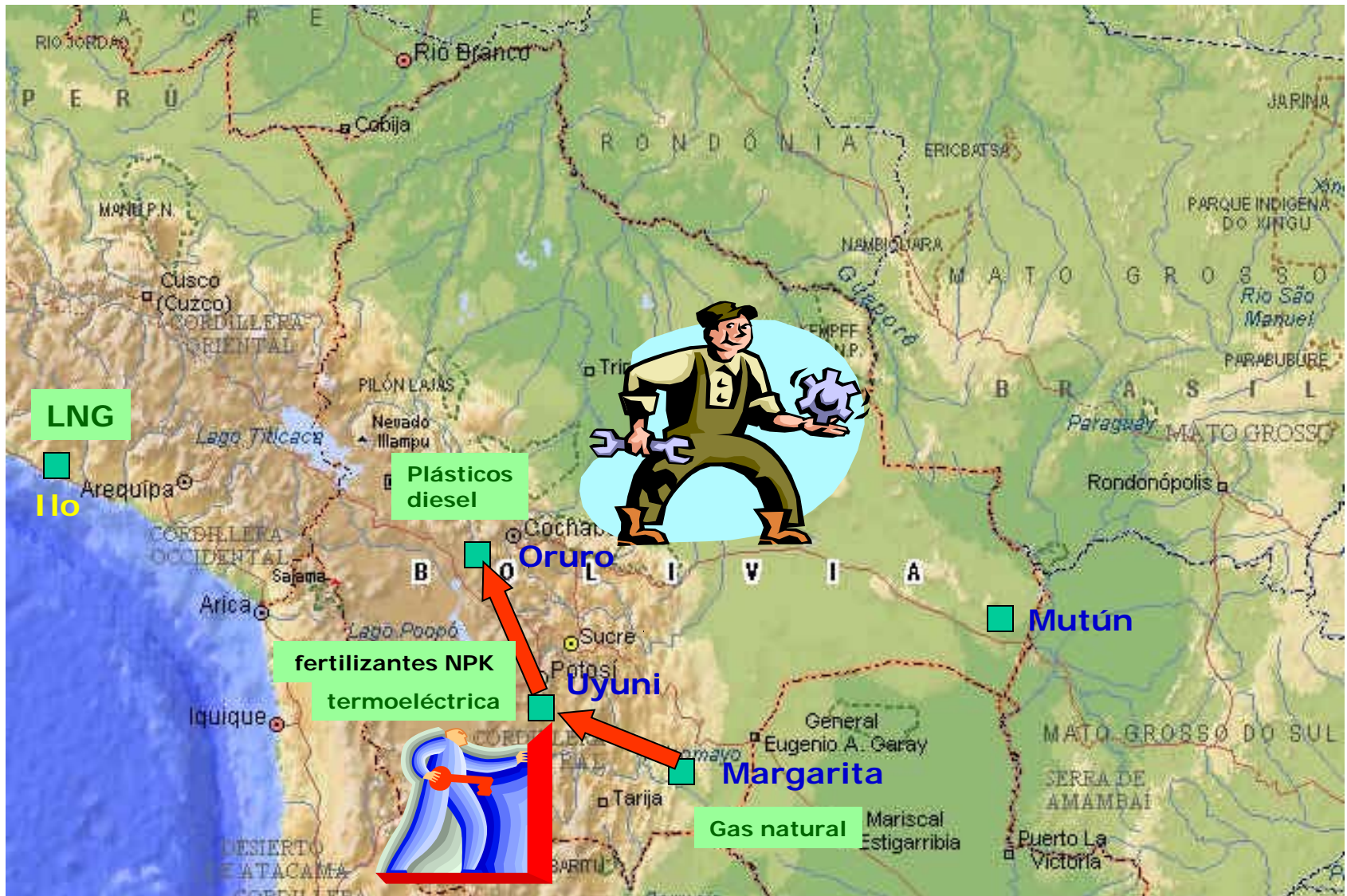
B. Planta de producción de K, Li y Mg construida en esta ciudad en base a la materia prima del salar próximo.

C. Usina termoeléctrica construida en esta ciudad. Producirá suficiente energía eléctrica para el complejo Minero-Metalúrgico de San Cristobal que se está construyendo actualmente.



Subestación Oruro

CAE





EXPORTACION vía ILO

2. SUBESTACION ORURO:

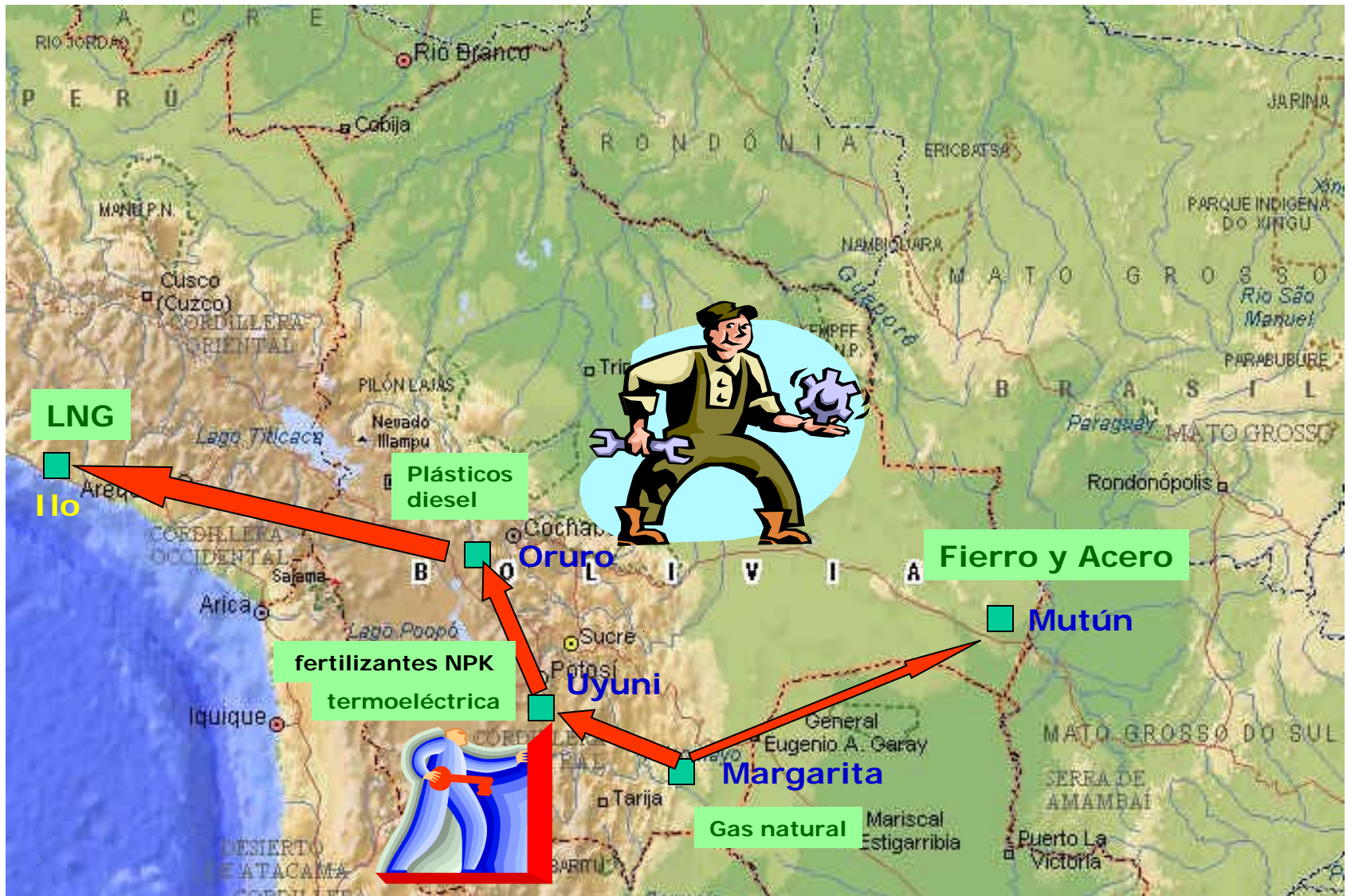
A. Planta de diesel construida en esta ciudad. Tiene poliductos ya construidos hacia las ciudades del Eje Central (LPZ, CBB y SRZ) de mayor consumo de diesel.

B. Planta de plásticos construida en esta ciudad. Tiene rápido acceso hacia las ciudades del Eje Central (LPZ, CBB y SRZ) y del sur de Bolivia, y podrá abastecer a industrias de transformación de plásticos ya construidas para el consumo nacional



EXPORTACION vía ILO

CAE



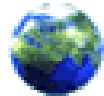


CONCLUSIONES

Exportación vía Ilo

IMPACTO SOCIO-ECONOMICO EN BOLIVIA:

- A.** Las industrias construidas en la Uyuni y Oruro darán un impulso extraordinario en lo social y económico a una región tradicionalmente deprimida.
- B.** Las fuentes de trabajo creadas en esa región disminuirán la migración de su gente hacia el oriente boliviano.
- C.** La demanda de insumos (vivienda, alimentación, vestimenta, etc.) otorgarán mayores ingresos económicos a las comunidades agrícolas y artesanales de la región.
- D.** La generación de impuestos y regalías locales permitirán elevar la calidad de vida de los habitantes de la región.



Ruta de Exportación vía Patillos Chile



EXPORTACION vía PATILLOS





EXPORTACION vía PATILLOS

IMPACTO SOCIO-ECONOMICO EN CHILE:

- A.** Las industrias construidas en Iquique darán un impulso extraordinario en lo social y económico al norte chileno, una zona tradicionalmente deprimida económicamente.
- B.** Las fuentes de trabajo creadas en esa región favorecerán mayormente a los chilenos y, tal vez, a unos pocos bolivianos.
- C.** Los productos elaborados en Chile (fertilizantes NPK, diesel, plásticos y energía eléctrica) serán mayormente exportados a Bolivia para su consumo, aumentando nuestro déficit en la balanza comercial con Chile.



CONCLUSIONES FINALES



CONCLUSIONES FINALES

- **Además de Exportar, Producir Derivados de Valor Agregado en el País**

El gas natural boliviano no debe ser comercializado como materia prima en el exterior, ni usado como energético solamente, debe hacerse todo esfuerzo para industrializarlo en el mismo país.

Debe servir de materia prima para producir una gama de productos de alto valor agregado (como fertilizantes nitrogenados, parafinas, olefinas y alcoholes orgánicos) que actualmente son importados por la industria nacional.



CONCLUSIONES FINALES

- Carrera de Petroquímica en las FCyT

¿Qué institución está llamada a generar ideas y soluciones para lograr el desarrollo de la tecnología apropiada de industrializarlo?.

Las FCyT de las universidades bolivianas tienen suficiente infraestructura y capacidad investigativa para realizar trabajos de esta naturaleza, sólo falta complementar el escenario creando, a corto plazo, una especialidad de Petroquímica dentro las Carreras de Ingeniería Química con el concurso de especialistas, internos y externos de la universidad. Pero, es necesario que el Gobierno Nacional y la Industria apoyen esta iniciativa.



CONCLUSIONES FINALES

• Tareas Universidad-Gobierno-Industria

1. Crear bases tecnológicas para uso directo del gas natural en vehículos de transporte y realizando más investigación sobre su procesamiento petroquímico.
2. Promover e interesar a la industria privada a invertir en la construcción y puesta en marcha de plantas químicas en Carrasco, para convertir al gas natural en productos de alto valor agregado.
3. Impulsar el establecimiento de otras industrias y actividades comerciales de soporte en la región, creando así mayores posibilidades de trabajo permanente para la gente del país.



La decisión boliviana de

INDUSTRIALIZAR EL GAS NATURAL EN TERRITORIO BOLIVIANO

Revolucionará Bolivia en el Futuro

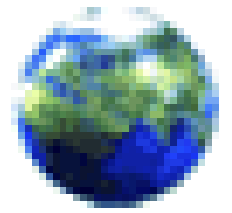


en lo social



y en lo económico

Dr. Escalera



CAE

MUCHAS GRACIAS