

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ESTUDIO DEL USO DEL GAS NATURAL EN EL SECTOR
AGRICOLA.”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO**

GABRIEL JOSE EULOGIO CHANCA

PROMOCION 1996-II

LIMA - PERU

2002

A ustedes padres y hermanos
que con amor en momentos
difíciles me alentaron a continuar

A Lizardo (†) donde estés
gracias por acompañarme siempre

Al Dios de la vida y el amor
por permitirme conocerlo hoy ...

INDICE

PROLOGO	1
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Antecedentes	2
1.2. Concepto de Fertilización	2
1.2.1. Fertilizantes Primarios	4
1.2.2. Clasificación de los Fertilizantes	4
2. USO DEL GAS NATURAL EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA	
2.1. Industria del Nitrógeno a Nivel Internacional	8
2.1.1. Balance Mundial del Amoniaco	10
2.1.2. Balance Mundial de la Urea	11
2.1.3. Balance Mundial del Nitrato de Amonio	13
2.1.4. Balance Mundial del Fosfato Di Amónico	14
2.2. Precios Internacionales	16
3. PETROQUÍMICA A PARTIR DEL GAS NATURAL	17
3.1. Constituyentes del Gas Natural	17
3.2. Rangos de composición de Gas Natural	17
4. USOS DEL GAS NATURAL	19
5. POSIBILIDADES DE MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN	20
5.1. Fertilizantes Producidos en Perú	21

5.2.	Fertilizantes Importados por Perú	22
5.3.	Precios de Ventas de Productos Importados a Perú	23
5.3.1	Para la Urea	23
5.3.2	Para el Nitrato de Amonio	24
5.3.3	Para el Fosfato Di Amónico	25
6	AMONIACO	26
6.1	Historia	26
6.2	El Amoniac Como Fertilizante	27
6.3	Aplicación en el Campo	28
6.3.1.1	Por Medio de Inyección	28
6.3.1.2	Por Nitrogación	28
6.4	Propiedades del Amoniac	28
6.5	Química de la Producción de Amoniac.	29
6.6	Planta de Amoniac	31
7	LA UREA	32
7.1	Propiedades y Características Físicas de la Urea	32
7.2	Reacción en el Suelo	33
7.3	Momento de Aplicación	33
7.4	Dosis de Uso	34
7.5	Recomendaciones	34
7.6	Precauciones de Uso	35
7.6.1	En Caso de Incendio	35

7.7	Manufactura de la Urea	35
7.7.1	Química de la Urea	35
7.7.2	Producción de la Urea	36
7.8	Planta de la Urea	37
7.8.1	Usos de la Urea	37
8	NITRATO DE AMONIO	39
8.1.	Descripción	39
8.2.	Manufactura del Nitrato de Amonio	40
8.3.	Planta de Nitrato de Amonio	40
8.4.	Conversión de Sólidos	41
8.5.	Usos del Nitrato de Amonio	42
9	FOSFATO DI AMÓNICO	43
9.1.	Química de los Fosfatos	43
9.2.	Descripción del Proceso de Fosfato Di Amónico	43
9.3.	Planta de Fosfato Di Amónico	44
9.4.	Usos del Fosfato Di Amónico	46
10	DEMANDA DE FERTILIZANTES	47
10.2	Demanda de Urea	47
10.3	Demanda de Nitrato de Amonio	48
10.4	Demanda de Fosfato Di Amónico	48
11	DIMENSIONAMIENTO DE COMPLEJO PETROQUÍMICO	50
11.1.	Para la Urea	51

11.2	Para el Nitrato de Amonio	53
11.3	Para el Fosfato Di Amónico	54
11.4	Para el Amoniac	56
11.5	Calculo de Requerimiento de Amoniac y Gas Natural	58
12	CONCLUSIONES	63
13	BIBLIOGRAFIA	64
14	ANEXOS	S/N

PROLOGO

El presente informe de ingeniería tiene por finalidad aportar conocimientos al egresado sobre un tema que actualmente esta siendo objeto de una serie de análisis, esto es en lo referente al uso que se le podría dar a nuestra reserva de gas natural de Camisea la cual es un mega proyectos hecho realidad y hasta al momento solo se la ha dado importancia como fuente generadora de energía, sin embargo poco se ha hablado de que esta pueda ser utilizada como materia prima para la manufactura de otros productos de utilización en diferentes sectores de nuestra economía, como en el sector agrícola por ejemplo para la manufactura de una serie de fertilizantes de uso común en nuestras grandes hectáreas de terrenos muchas veces pobres que mediante la aplicación de estos se logra buenas cosechas beneficiándose así nuestro agro y nuestra población en la generación de empleos para la manufactura de los mismos.

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer a mi universidad y su plana docente que durante mi estadía por esta casa de estudios me brindo conocimientos necesarios para el desarrollo y ejecución del presente estudio.

Al informe se anexa información de la SRI International, la cual reúne un análisis de costos para cada proceso en particular, según la disponibilidad de los recursos.

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes :

El Presente informe de ingeniería es elaborado en base al estudio realizado; de Uso del Gas Natural en el Sector Agrícola.

Dado el gran potencial energético que nos brindará el gas de Camisea, para lo cual se debería de orientar inversiones significativas al sector petroquímico, mediante la creación de complejos petroquímicos integrados que permitan producir fertilizantes para de esta forma cubrir la demanda del mercado nacional e internacional, con precios competitivos.

Logrando, así un mayor desarrollo de nuestro sector agrícola.

1.2. CONCEPTOS DE FERTILIZACIÓN:

La fertilización es el aporte mineral que mejora y/o restituye de nutrientes al suelo.

La fertilización es la base de la productividad agrícola moderna representa alrededor del 12% del costo de producción, y sin embargo, los rendimientos de variedades mejoradas de los distintos cultivos aumentan hasta un 50% cuando se utilizan fertilizantes.

Los elementos esenciales para la nutrición de las plantas son 16, de los cuales dos son tomados del aire a través de las hojas, como bióxido de carbono. El resto es absorbido por los vegetales, del suelo, por medio de las raíces. El nitrógeno, que es uno de los principales elementos nutrientes de las plantas, es tomado por las mismas por medio de sus raíces y junto con el fósforo y el potasio deben reponerse a la tierra si se desea que no empobrezca. Le sigue en importancia el azufre, el calcio y el magnesio que sin embargo no se requieren en la tierra y sobre todo las plantas no los absorben en la proporción que lo hacen con nitrógeno, fósforo y potasio. Los restantes, o sea el hierro, zinc, manganeso, cobre, boro, molibdeno y cloro, son llamados los pequeños nutrientes y son importantes para el desarrollo del vegetal pero requeridos en pequeñas proporciones, y la mayor parte de los suelos los contiene en suficiente cantidad. El carbono, el hidrógeno y el oxígeno son tomados, como ya se

dijo, del aire por medio de las hojas y del agua absorbida por las raíces.

1.2.1 Fertilizantes Primarios:

Fósforo : Vital para la síntesis de las proteínas. Su deficiencia crea lentitud o parada del crecimiento

Nitrógeno : Contribuyente notable en el desarrollo de las hojas y tallos, consecuentemente en un crecimiento activo. Es constituyente también de proteínas, ácidos nucleicos y muchos otros compuestos.

Potasio : Indispensable para los procesos fundamentales de los vegetales tales como la respiración y el metabolismo de los azúcares.

1.2.2.- Clasificación de los Fertilizantes:

Fosfatados :

- Roca Fosfórica: Notable regulador del PH.
- Fosfato Di Amónico: Muy soluble, de rápida respuesta.
- Superfosfato de Calcio: Para mezclas muy concentradas.

Nitrogenados :

- Urea : de Fácil conservación.
- Nitrato de Amonio: De uso generalizado.
- Sulfato de Amonio: Contiene además azufre.

Potásicos :

- Cloruro de Potasio: Uso general.
- Sulfato de Potasio: Contribuye a una sensible resistencia al frío y vigor de las plantas así como el buen desarrollo de flores y frutos.

Las plantas reciben los elementos básicos a través de compuestos químicos sencillos; Aquí es donde el amoníaco entra en escena. Las plantas no se alimentan de elementos químicos puros ni tampoco de compuestos orgánicos de constitución complicada que se encuentran en los restos de los vegetales en putrefacción o en la materia animal. En la actualidad, sin embargo, se conoce perfectamente que las plantas toman los nutrientes que requieren a través de las raíces como compuestos sencillos disueltos en la humedad del suelo (iones) Por lo que respectan al nitrógeno estos son:

Oxido de Nitrógeno (NO_3) Amoníaco (NH_3)

Lo anterior sirve para probar lo erróneo de las afirmaciones de los partidarios de los abonos o fertilizantes orgánicos, que sostienen que los abonos químicos perjudican las tierras, pues si las plantas toman del suelo sustancias simples, tan favorables serán las de origen natural para el desarrollo de los vegetales, como los producidos por el hombre, sin que sólo prepararse artificialmente sean nocivos a las plantas. Para proporcionar los elementos nutrientes a los sembradíos y

levantar cosechas de calidad y rendimientos superiores, se debe echar mano de fertilizantes que tengan esos elementos en los compuestos simples a que nos referimos, y el amoníaco es el más importante entre ellos.

Para suministrar Nitrógeno a los suelos, existen fertilizantes con diferentes concentraciones, siendo los más comunes:

Amoníaco anhidro.....	82% N ₂
Urea.....	46% N ₂
Nitrato de amonio.....	33,5% N ₂
Sulfato de amonio.....	21% N ₂
Fosfato de Di amónico.....	18% N ₂

USO DEL GAS NATURAL EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA A NIVEL INTERNACIONAL.

Estados Unidos:

El consumo de gas natural como materia prima para productos petroquímicos es:

De un total de 759 billones de pies cúbicos:

El 74.3 % para la elaboración del Amoniaco.

El 17.9 % para la elaboración de Metanol.

El 7.8 % para la elaboración de otros productos.

En 1995 el consumo de gas natural para la producción de amoniaco fue de 564 billones de pies cúbicos, equivalentes al 74 % del consumo total de gas natural para productos químicos, existiendo 39 plantas

para la producción de amoníaco los cuales producían un total de 15.5 millones de toneladas por año.

El metanol en EEUU es el segundo compuesto químico que se produce a partir del gas natural. Consume 136 billones de pies cúbicos, equivalentes al 17 % del total del gas natural usado en este sector.

Europa

Para la Elaboración del Amoníaco:

- El mayor volumen de gas natural consumido es en Europa Occidental.
- Promedio anual: 440 billones de pies cúbicos (15 países)

Para la Elaboración del Metanol:

- Promedio anual: 37 billones de pies cúbicos (3 países)

2.1. Industria del Nitrógeno a Nivel Internacional.

La demanda de nitrógeno en una forma química involucra la producción de siete productos químicos del nitrógeno en una industria internacional de cerca de 15 millones de dólares.

El punto de partida de esta industria es el Amoniac, que constituye la materia prima para la manufactura de una serie de productos utilizados como fertilizantes, explosivos militares y comerciales, polímeros intermedios, etc.

En adición al amoniaco, los productos químicos en la familia de los productos nitrogenados son:

Urea, Nitrato de Amonio, Fosfato de Amonio, Sulfato de Amonio, Ácido Nítrico y soluciones de Nitrógeno.

La industria de fertilizantes de nitrógeno es bastante madura en la mayoría de las economías industrializadas.

La mayoría de las naciones en desarrollo han captado todo el crecimiento en capacidad en los últimos años:

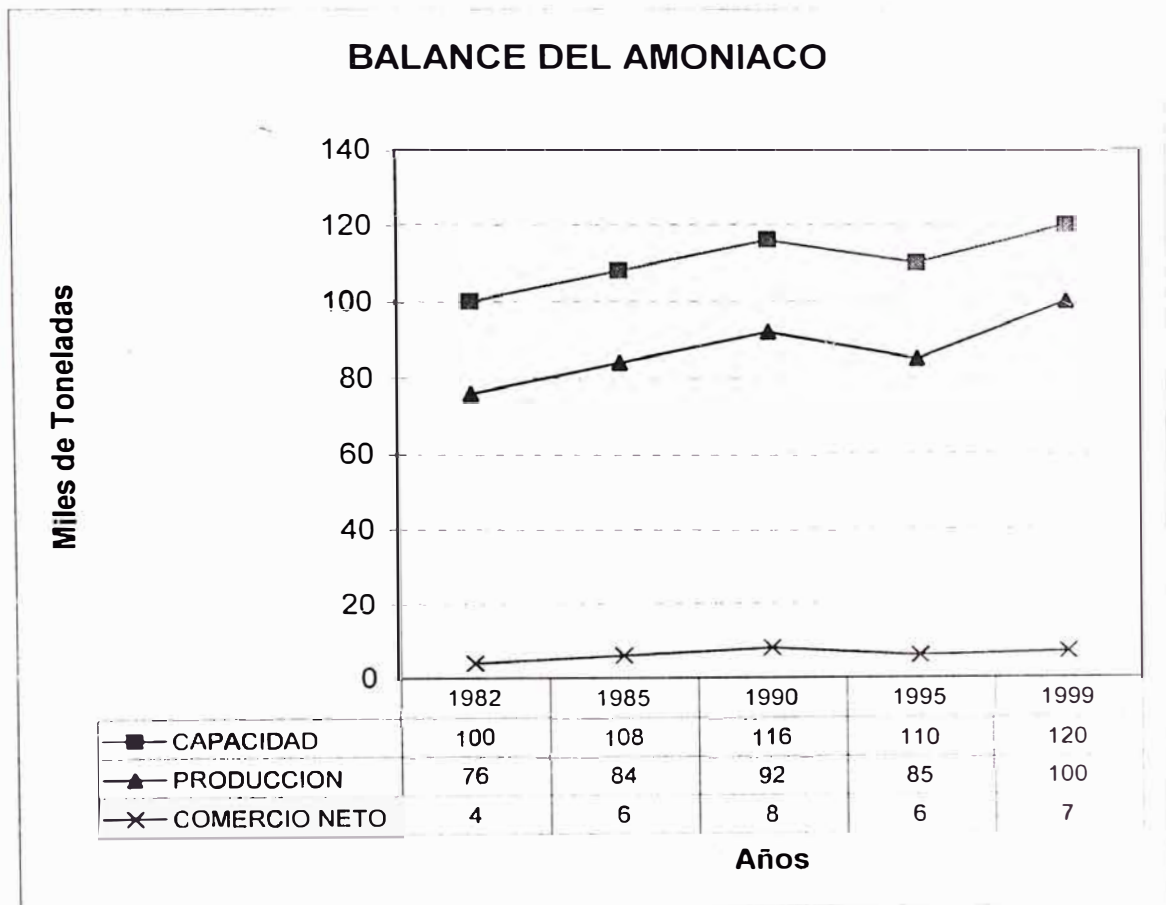
La capacidad de amoniaco se incremento en cerca del 12 % durante 1982 y 1995.

La capacidad de producción de Urea, el principal producto manufacturado a partir de amoniaco, se incrementa en un 30 % en el mismo tiempo.

La capacidad para fosfatos de amonio también aumento en un 45%.

2.1.1 Balance Mundial del Amoniaco

- La figura siguiente resume el balance mundial de amoniaco desde 1982 hasta 1999.



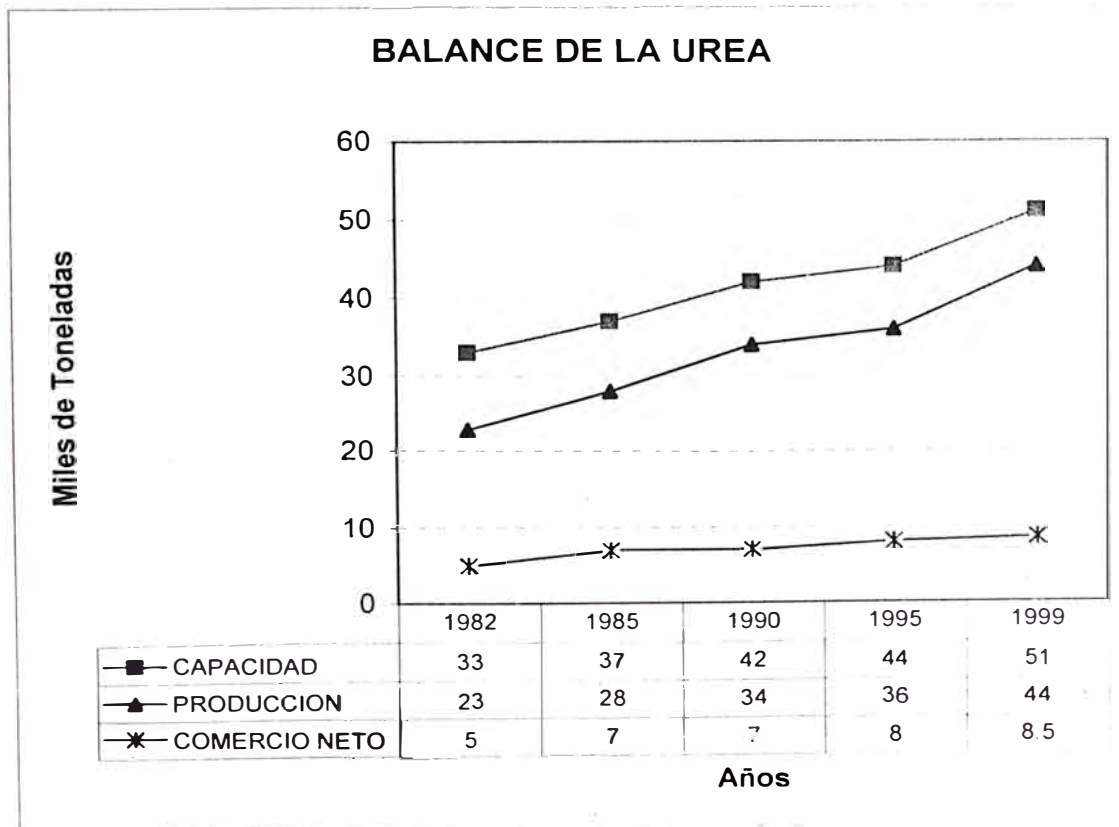
Fuente : Información del Instituto Canadiense del Petróleo

- La capacidad se ha incrementado sostenidamente durante el periodo analizado.
- El escenario existente es más estable que lo que las cifras pueden indicar.

- El factor de operación promedio para el periodo ha sido entre el 85 – 87 %.
- Los precios de amoniaco se han duplicado desde 1990.
- Los inventarios parecen estar en niveles bajos y el mercado ha estado muy ajustado en los últimos años.
- El comercio internacional es importante para la industria del amoniaco y se ha mantenido constante en un 10 % de la producción mundial.

2.1.2. Balance Mundial de la Urea

- El balance de la Urea a nivel mundial se presenta a continuación en el grafico siguiente.

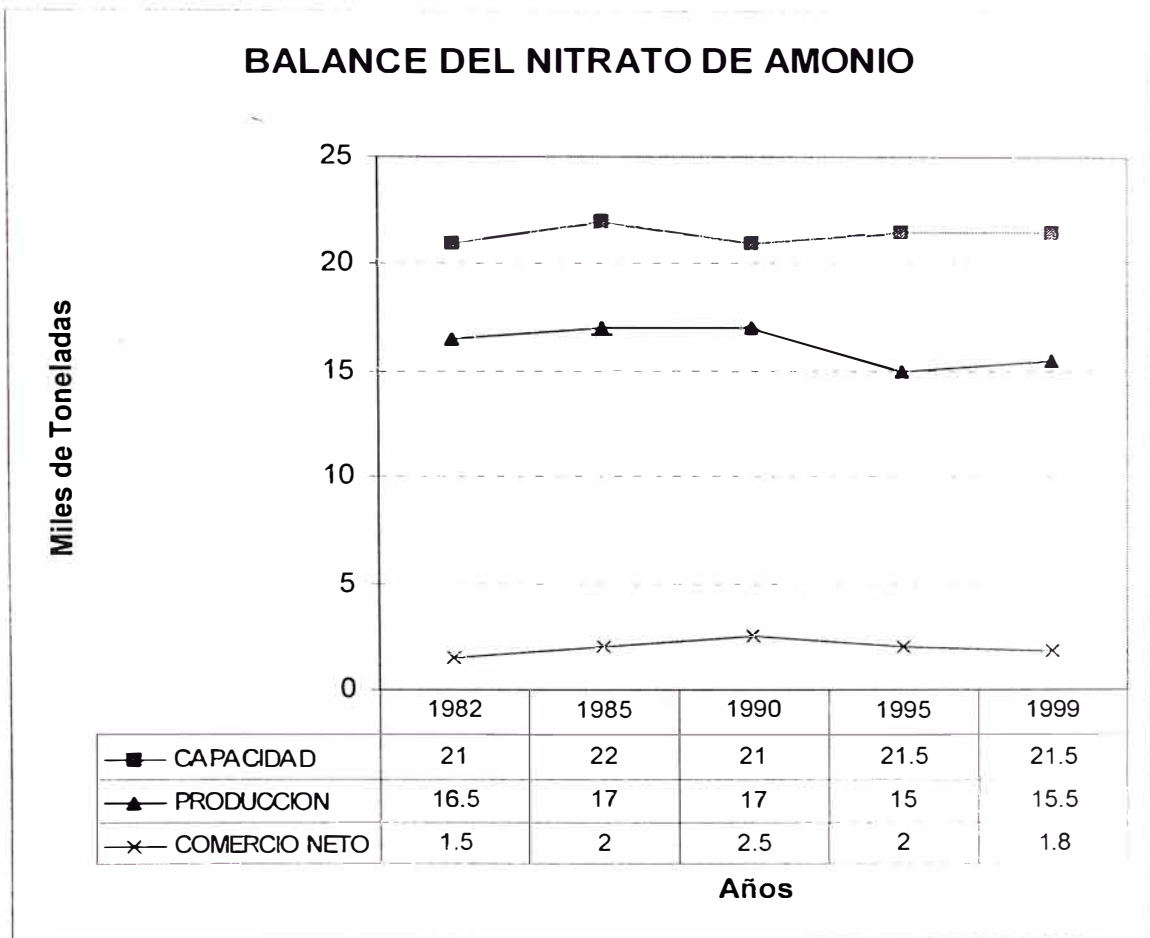


Fuente : Información del Instituto Canadiense del Petróleo

- Debido a su alto contenido de nitrógeno (46 %), la Urea es el fertilizante nitrogenado sólido más popular.
- Desde que la Urea se produce a partir del amoníaco y el dióxido de carbono – un sub. Producto de la producción de amoníaco – la mayor parte de las plantas de Urea están localizadas adyacentes a, o muy cerca distancia de una planta de amoníaco.
- La capacidad de Urea se incremento en un 30 % entre 1982 y 1995. Expansiones adicionales muy significativas (20 %) han sucedido entre 1995 y 1999.
 - La mayor parte de estas expansiones han sido en países en desarrollo del Asia Pacífico, incluyendo el medio Oriente.
 - El comercio internacional es muy importante para la Urea constituyendo cerca del 26 % en 1995.
 - Este porcentaje ha disminuido en los últimos años debido a que muchos países en desarrollo se han vuelto auto-suficientes.

2.1.3 Balance Mundial del Nitrato de Amonio

- El balance de Nitrato de Amonio a nivel mundial se presenta a continuación:



Fuente : Información del Instituto Canadiense del Petróleo

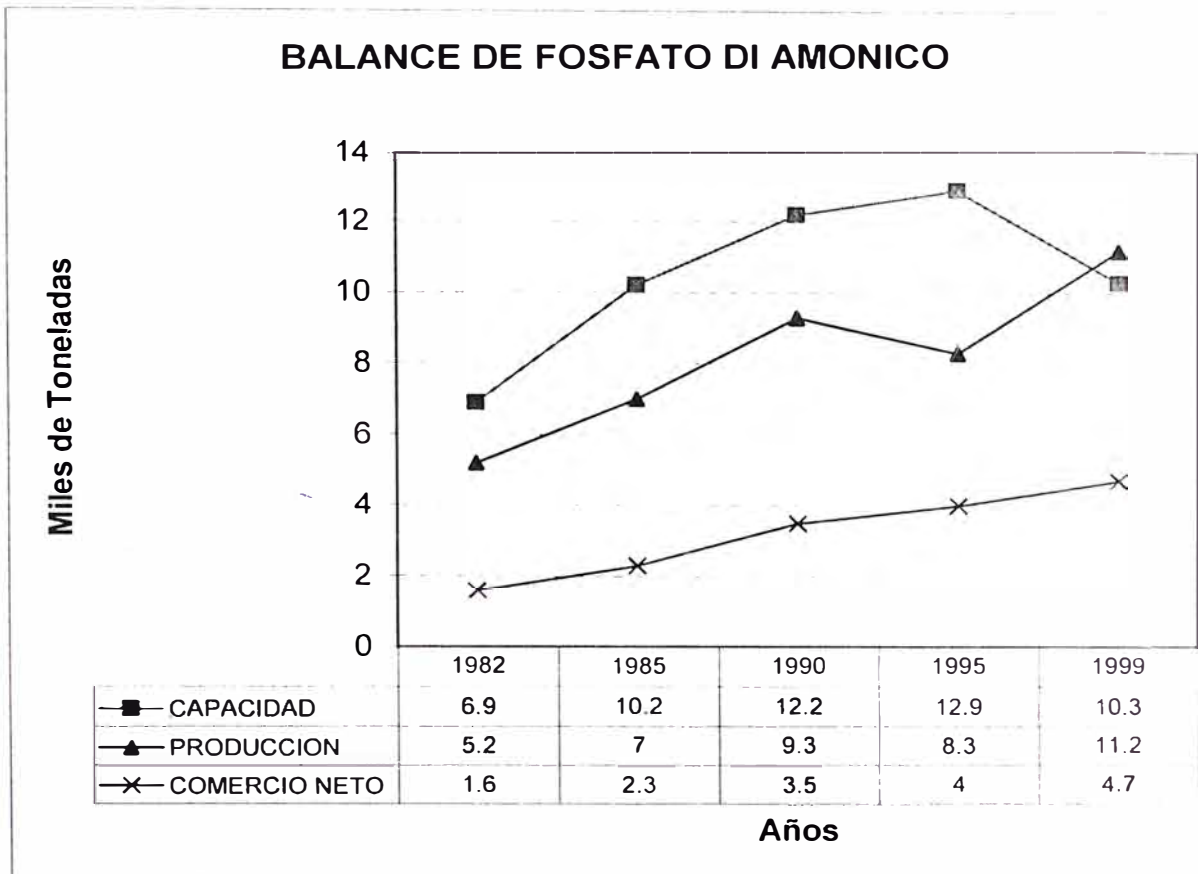
- El Nitrato de Amonio es usado principalmente como un fertilizante nitrogenado.
- Sin embargo también tiene un mercado no-fertilizante muy atractivo, principalmente como explosivo para el cual no hay

estadísticas muy exactas, en algunas regiones se cuenta con un 10 – 15 % del consumo mundial.

- La industria del Nitrato de Amonio es madura y no ha cambiado significativamente en los últimos años.
 - Su producción y aparente consumo tuvieron un máximo en 1989 y ha declinado desde entonces en un 15 %.
 - Su factor de operación a disminuido desde 80 % a 70 %. Esta declinación es debido principalmente a una caída en el consumo y producción en Rusia y Europa Oriental.
 - El consumo en Europa Occidental también ha disminuido debido una preocupación de la posible contaminación de este producto sobre las fuentes subterráneas de agua.
- El comercio internacional ha sido en promedio un 19 % de la producción total.

2.1.4. Balance Mundial del Fosfato Di Amónico

- El balance de fosfato di amónico a nivel mundial se presenta a continuación:



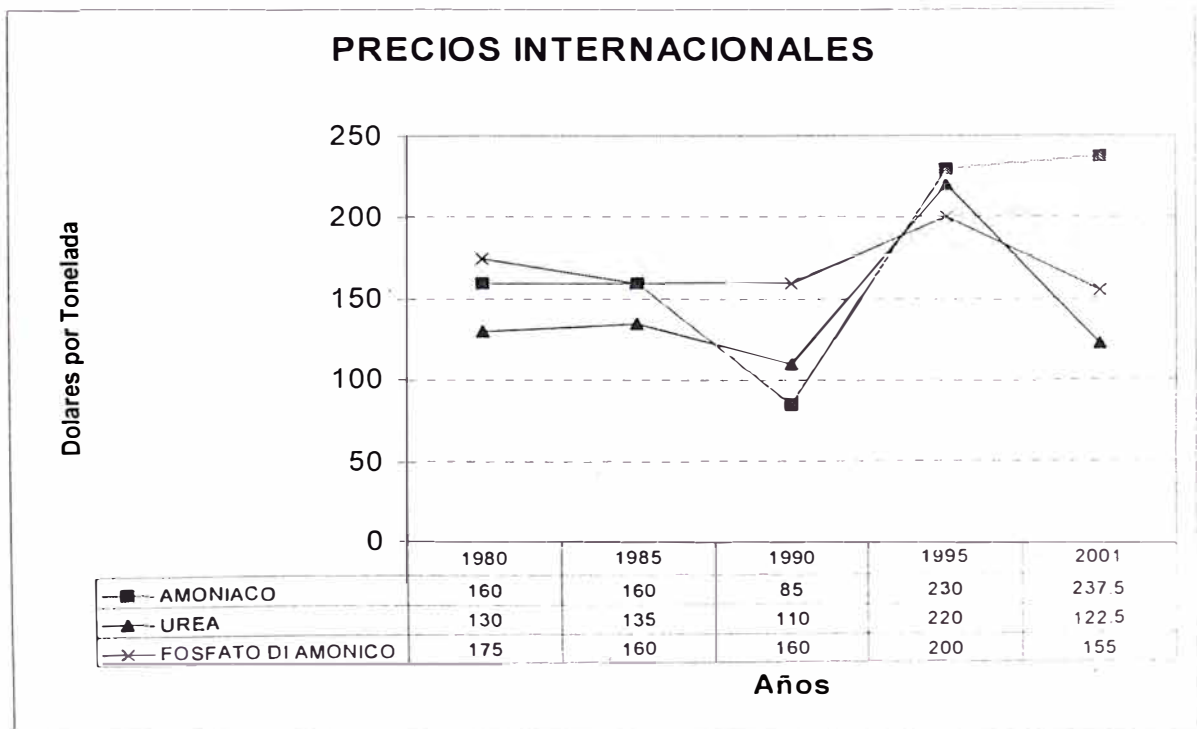
Fuente : Información del Instituto Canadiense del Petróleo

- Aunque los fosfatos de amonio son fertilizantes fosfatados principalmente, su contenido de nitrógeno representa una porción creciente y significativa del consumo de fertilizantes nitrogenados.
- Esta industria ha estado deprimida desde mediados de los 80's, como el resultado de:
 - Una expansión de la capacidad de producción que continuo hasta los últimos años de los 80' s.
 - Y una disminución muy significativa del consumo mundial de fertilizantes fosfatados.

- El factor de operación ha estado consistente en el orden del 7% hasta recientemente cuando se cerró una porción significativa de la producción mundial.
- Su comercio internacional es muy importante y constituido un 45% de la producción mundial de 1995

2.2. Precios Internacionales

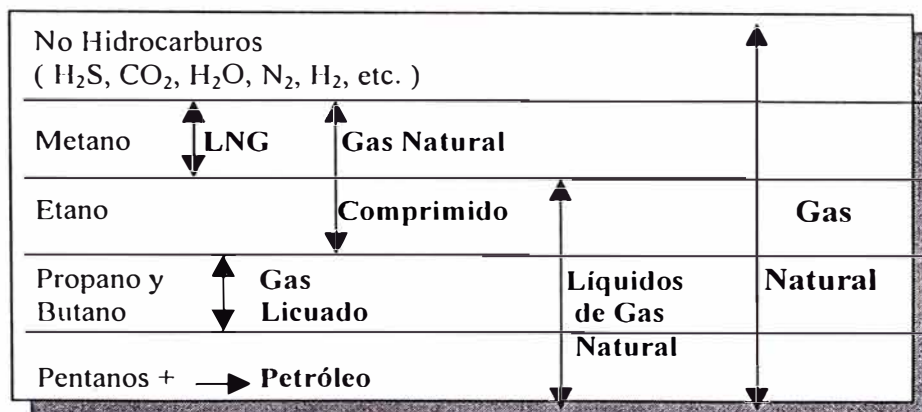
- EL gráfico a continuación resume los precios internacionales de alguno de los productos fertilizantes a partir del nitrógeno.
- Estos precios son solo indicadores de tasaciones actuales.
- Sin embargo, son útiles para analizar tendencias globales de precios.



Fuente : Información del Instituto Canadiense del Petróleo

PETROQUÍMICA A PARTIR DEL GAS NATURAL

3.1.- Constituyentes del Gas Natural



3.2. Rangos de Composición de Gas Natural

Componente	Símbolo	% Máximo	% Mínimo	% Promedio (Gas Natural)
Metano	C ₁	98,9	93,3	95,5
Etano	C ₂	5,14	0,23	2,63
Propano	C ₃	1,52	0,03	0,44
Butano	C ₄	0,16	0,02	0,14
Dióxido de Carbono	CO ₂	0,64	0,01	0,21
Nitrógeno	N ₂	1,21	0,43	0,74
Gravedad Específica		0,591	0,563	0,580

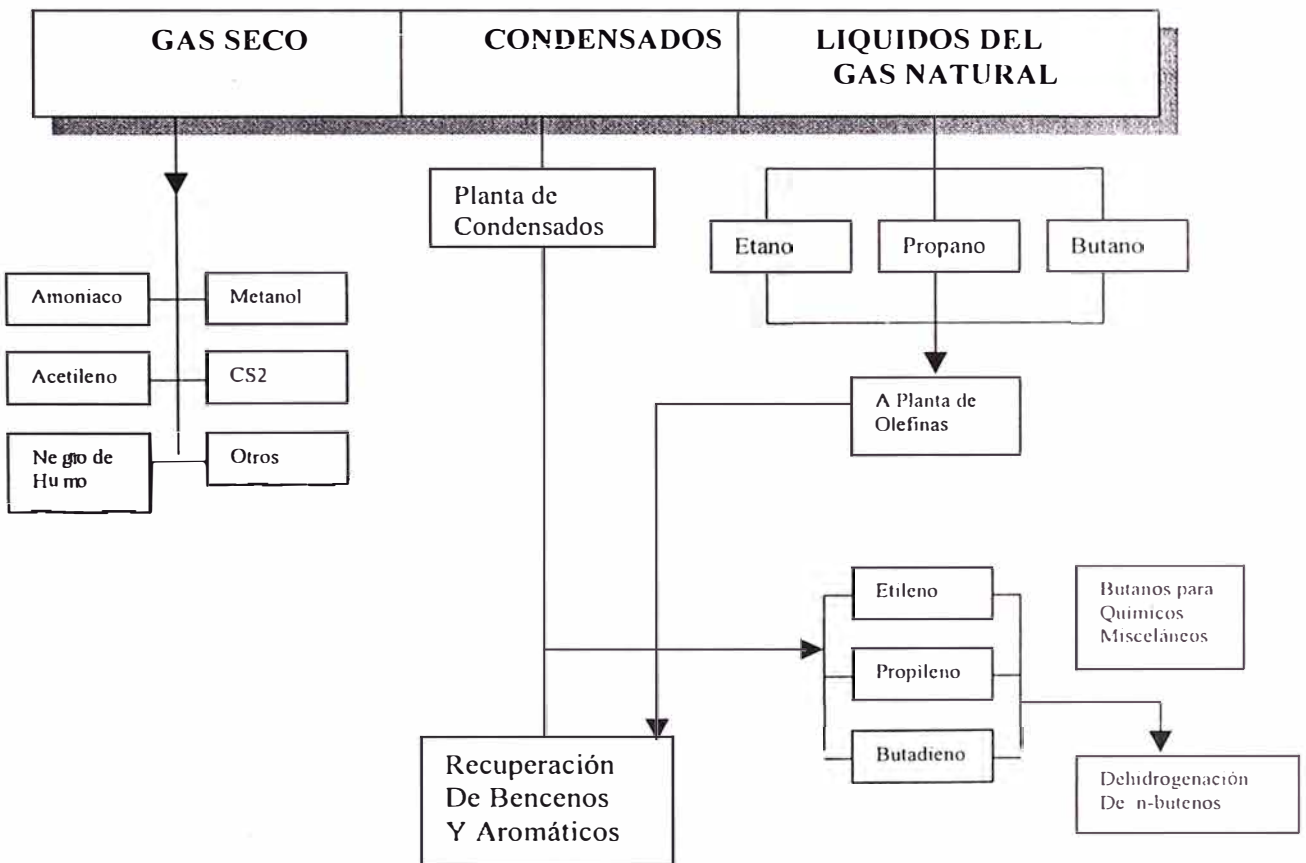
Fuente: Programa de Entrenamiento, Enero 2000–Fac. Petróleo, UNI.

Como se puede observar en la composición típica del gas natural seco, el **METANO** es la fracción más abundante, pero menos reactiva, precisamente esta menor reactividad limita su factibilidad comercial como materia prima para

- Amoniaco.
- Metanol.

Dada la baja reactividad del metano (el cual tiene un solo átomo de carbono), la economía de convertir el metano a gas de síntesis (mezcla de H_2 y CO) tiene el beneficio de generar una gran cantidad de hidrógeno requerido para la manufactura del amoniaco.

USOS DEL GAS NATURAL



POSIBILIDADES DE MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

El Perú es un País netamente importador (mas de 500,000 TM/año que equivale a mas de 75 millones de dólares) de Fertilizantes, pero cuenta con inmensas extensiones de terrenos cultivables en abandono y terrenos eriazos que se pueden convertir en terrenos cultivables(3.3 millones de Has de áreas sembradas, 125 millones de Has en proyectos agrícolas y 7.35 millones de Has de áreas potenciales), para lo cual necesitaríamos fertilizantes a bajo costo, esto serviría para el desarrollo de la agricultura en el Perú, por lo tanto se desarrollarían económicamente las zonas rurales y a su vez se abriría la oportunidad de pasar de importadores a exportadores de fertilizantes.

Las fuentes de información básicas para la obtención de los consumos de Urea, Nitrato de Amonio y Fosfato Di Amónico, han sido obtenido de

Centro de Información Agrícola del Ministerio de Agricultura
(MINAG)

La Sociedad Nacional de Minería y Petróleo (SNMPE), en este caso para el consumo de Nitrato de Amonio en Minería.

5.1. Fertilizantes Producidos en Perú.

A continuación presentamos la producción de fertilizantes durante los años 1995 a 1998, por las empresas productoras: Fertisa, Indus, Yura, Pro Abonos (Ex Pesca Perú), reporte elaborado por el Centro de Información Agrícola del Ministerio de Agricultura (MINAG)

PRODUCTO	1995	1996	1997	1998
Abono compuesto 12-12-12	8774	7632	5454	3304
Guano de isla	15110	15999	14743	22622
Nitrato de Amonio	29959	16874	1399	--
Sulfato de Amonio	12270	4005	--	--
Superfos 24	5341	10046	9489	10126
TOTAL (ton)	71454	54556	31085	36052

Fuente : MINAG

Como se puede observar de este cuadro el nitrato de amonio (fertilizante en estudio) se dejó de producir en Perú desde el año 1998; Los otros fertilizantes en estudio (urea y nitrato de amonio) no registran producción en empresas nacionales; Revisemos la importación de fertilizantes en Perú a continuación.

5.2. Fertilizantes Importados por Perú

El cuadro que se presenta a continuación tiene como fuentes de información : reportes de la Superintendencia Nacional de Aduanas y del Centro de Información Agrícola del Ministerio de Agricultura (MINAG)

PRODUCTO	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Urea para uso agrícola	235796	221907	223193	285073	296160	345785.5
Nitrato de Amonio, uso agrícola	--	4224	1602	21500	9913.2	13190.1
Sulfato de amonio	11523	35631	36767	46353	36968.6	39476.3
Fosfato Di Amónico	44451	51878	74410	68851	78507.3	53190.4
Superfosfato de Calcio Triple	7017	12645	20427	17437	8393.8	6224.6
Cloruro de Potasio, uso agrícola	8185	17705	28204	35429	30261.3	23217.7
Sulfato de Potasio	8345	13721	12180	14778	14478.2	8382.9
Sulfato de Magnesio y potasio	3248	5340	9872	5684	7834.1	4695.7
TOTAL (ton)	318565	363047	406655	495105	482516.5	494163.2

Fuente : ADUANAS y MINAG

Como se observa ya desde 1996 se comienza a importar el nitrato de amonio y se incrementa notablemente en el año 1998 cuando las empresas nacionales dejan de producir este fertilizante; De otro lado la urea y el fosfato di amónico se han venido importando debido a que estos fertilizantes no se producen en nuestro país.

Importante mencionar que para el caso del nitrato de amonio también se registro importación pero para el sector de minería como se muestra en el siguiente cuadro.

Consumo Nacional en Minería.

PRODUCTO	1995	1996	1997	1998
Nitrato de Amonio	28279	34471	40243	40444
Nitrato de Amonio (Dinamita)	8955	9765	11125	11181
Nitrato de Amonio (Anfo)	41476	39726	46952	96146
TOTAL (ton)	78710	83962	98320	147771

Fuente : Sociedad Nacional de Minería y Petróleo.

5.3. Precios de Venta de Productos Importados a Perú.

5.3.1. Para la Urea

País	1998		1999	
	TM Netas Importadas	US\$/Tm (CIF)	TM Netas Importadas	US\$/Tm (CIF)
Brasil	0,00	0,00	0,30	1333,33
Chile	20,40	210,78	0,00	0,00
Ecuador	94,20	292,99	879,1	162,78
España	0,3	666,67	8,1	1074,07
USA.	25239,7	118,27	24661,4	98,24
Letonia	0,00	0,00	21213,5	98,75
México	9349,90	100,26	16778,8	94,90
Rusia	117008,40	111,92	82670,8	89,44
Ucrania	66554,9	118,52	53746,1	96,21
Venezuela	54979,8	112,36	96221,6	97,82

Fuente : ADUANAS del Perú.

El cuadro anterior permite obtener un precio promedio para la urea de 105 dólares la tonelada métrica puesto en almacenes de ADUANAS.

Para obtener el precio promedio (este mismo criterio se aplicará para los otros dos fertilizantes) se ha considerado a los países de los cuales se ha importado cantidades considerables de toneladas métricas; Se ha obviado aquellos países de donde la importación ha sido en cantidades pequeñas dado que como se observa el costo por tonelada difiere considerablemente del precio promedio calculado, su consideración en el calculo nos daría un valor promedio que se encuentra fuera del rango de los que maneja la mayoría de países presentes en el cuadro.

5.3.2. Para el Nitrato de Amonio

País	1998		1999	
	TM Netas (Importadas)	US\$/Tm (CIF)	TM Netas (Importadas)	US\$/Tm (CIF)
Bulgaria	10989,6	146,60	9214,20	131,81
USA	0,00	0,00	4,10	487,80
Holanda	9819,60	138,72	694,90	136,57

Fuente : ADUANAS del Perú.

Para el nitrato de amonio el precio promedio será de 134 dólares la tonelada métrica puesto en almacenes de ADUANAS.

5.3.3. Para el Fosfato Di Amónico

País	1998		1999	
	TM Netas (Importadas)	US\$/TM (CIF)	TM Netas (Importadas)	US\$/TM (CIF)
Alemania	0,00	0,00	5348,50	227,02
Bélgica	0,00	0,00	5,00	680,00
China	1,00	700,00	0,00	0,00
Ecuador	89,70	293,20	4,50	244,44
USA	65893,60	231,01	73095	206,19
México	72,00	848,61	54,30	882,14
Venezuela	2036,9	211,25	0,00	0,00

Fuente : ADUANAS del Perú.

Para el fosfato di amónico el precio promedio es de 216 dólares la tonelada métrica puesto en almacenes de ADUANAS.

Hasta el momento se ha hablado de estos tres fertilizantes y del amoniaco, pero no conocemos sus propiedades y características, a si como otros usos, por lo tanto a continuación describiremos cada uno de estos fertilizantes.

6

Amoniaco

6.1. Historia

Su nombre se deriva de “ Sal Ammoniacum ” (Oasis Ammon), el amoniaco fue producido en forma libre por primera vez por coincidencia en 1774 por Priesley, en 1784 Bertollet detecto que el amoniaco estaba constituido por un volumen de nitrógeno y 3 volúmenes de hidrogeno por lo tanto NH_3 .

Liebeg en 1840 demostró la ventaja de los fertilizantes minerales y el mercado del amoniaco creció rápidamente, el amoniaco empezó a reemplazar al salitre chileno.

A principios del siglo 20, Haber y Rossignol produjeron por primera vez amoniaco sintético.

Después del desarrollo del proceso Haber-Bosh en 1939 el amoniaco sintético empezó a reemplazar a las fuentes naturales de amoniaco (guano de aves)

Hoy en día se constituye como el segundo producto químico con mayor producción, muy cercano al ácido sulfúrico y casi cinco veces más grande que el metanol.

Casi el 90% de la demanda mundial de nitrógeno es para la producción de fertilizantes y casi el 80% de la producción de amoníaco a nivel mundial es a partir del gas natural.

Las plantas actuales tienen una capacidad de 1000 a 1500 TM/día.

6.2. El Amoníaco como Fertilizante

El amoníaco es un compuesto formado por un átomo de nitrógeno y 3 de hidrógeno, que a temperatura y presión atmosférica del ambiente es un gas, pudiendo aplicarse en forma directa a la tierra o a través del agua de riego. Para su manejo se requiere un tanque nodriza y un tanque aplicador cuando es inyectado en el subsuelo, o bien de un nitrogador cuando se diluye en el agua de riego. El nitrógeno es la base de la fertilización, ya que una planta bien provista de este nutriente desarrolla hojas y tallos más grandes, adquiriendo un color verde oscuro debido a la abundancia de clorofila, lo que se traduce en un aumento en el proceso de fotosíntesis, resultando mejoras en el rendimiento por área.

6.3. Aplicación en el Campo

En la agricultura el amoníaco se puede utilizar para cultivos como hortalizas, granos básicos y semiperennes como la caña. La aplicación de amoníaco en el sector agrícola puede ser realizada en dos formas.

6.3.1. Por medio de Inyección, donde el amoníaco se aplica bajo la superficie del suelo a profundidad de 18-20 cms. Se puede aplicar en pre-siembra y post-siembra.

6.3.2. Por nitrogación, mediante el cual se mezcla el producto en el agua de riego por medio de un dosificador de amoníaco llamado nitrogador.

6.4. Propiedades del Amoniaco

* Peso Molecular: 17.03 mol/gr

* Densidad relativa a 20°C como gas: 0.771

* Punto de Fusión: -77.7 °C

* Punto de Ebullición: -33.4 °C

* Limite explosivo en aire:

Bajo 16% Vol. NH₃

Alto 27 % Vol. NH₃

* Densidad de vapor (relativa al aire): 0.597

- * Líquido incoloro o gas con olor penetrante.
- * Soluble en agua, alcohol etílico y éter.

6.5. Química de la Producción de Amoníaco:

- Desulfurización : Consiste en la remoción de radicales de azufre (RSH) que se encuentran presentes en el gas natural dado que los catalizadores de reformación del siguiente proceso son sensibles a componentes de azufre y pueden sufrir envenamiento y desactivación.



- Reformación Primaria : Aquí se da la primera etapa para la obtención del hidrógeno, a partir del metano y vapor en un reactor tubular con catalizadores de níquel.



- Reformación Secundaria : Este proceso permite además de la obtención de Hidrógeno (el cual será materia prima en la etapa de síntesis del amoníaco) la inclusión de la cantidad

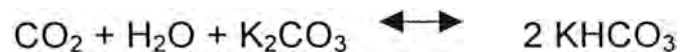
necesaria del nitrógeno el cual se encuentra presente en el aire que se hace ingresar en este proceso.



- Shift Conversión : El propósito de esta etapa es convertir el monóxido de carbono a dióxido de carbono dado que la presencia del monóxido de carbono envenenaría al catalizador presente en la etapa de síntesis del amoniacó.



- Remoción del CO_2 : Luego de la conversión del monóxido a dióxido de carbono este último es removido y almacenado para otros usos como para la manufactura de la urea.



- Metanación : En esta etapa las cantidades residuales de monóxido y dióxido son hidrogenados a metano y agua los cuales serán purgados para pasar a la siguiente etapa.

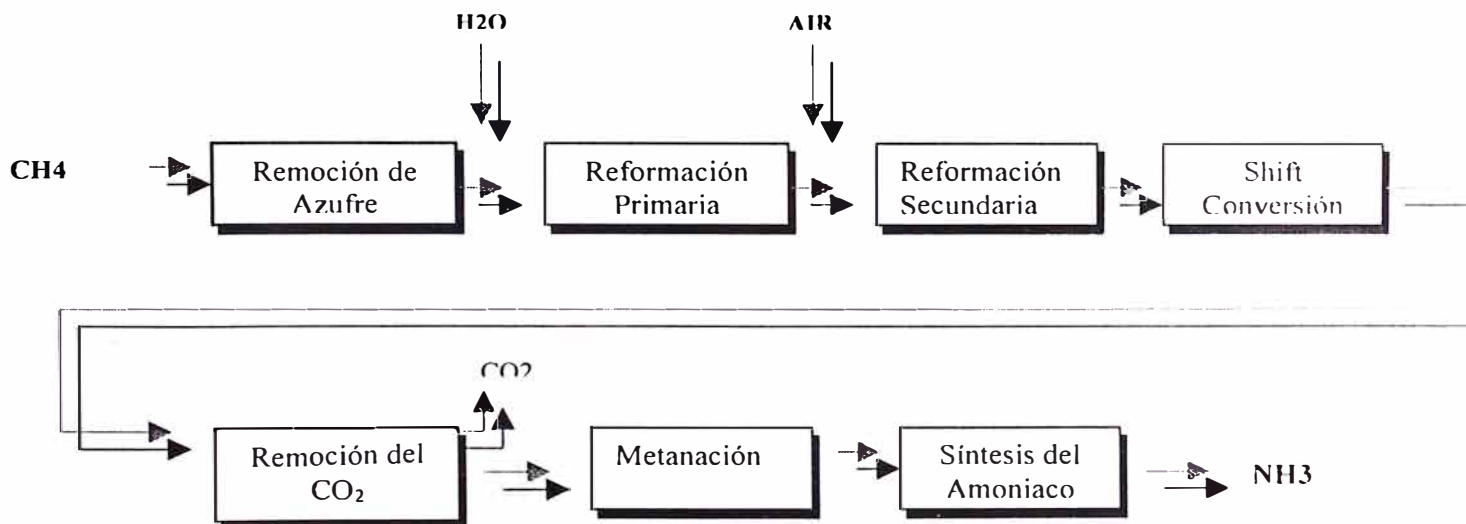


- Síntesis del Amoníaco : En esta etapa el nitrógeno e hidrogeno ingresan a una cama de óxidos ferrosos los cuales promueven la formación del amoniaco.



6.6. Planta de Amoníaco

Diagrama de Bloque



7

LA UREA

7.1. Propiedades y Características físicas de la Urea Granulada

Peso Molecular: 60.06 mol/gr

Densidad relativa a 20 °C: 1.323

Punto de Fusión: 132.7 °C

Punto de Ebullición: Se descompone

Nitrógeno total: 46%

Presentación: Prilado o Granulado

Cristales blancos o blanco amarillento giroscópicos que presenta un ligero olor a amoniaco.

Dureza: Presión para romper los gránulos: 0.9 - 1.6 Kg.

Soluble en agua, alcohol etílico y benceno.

7.2. Reacción en el suelo

En el campo, cuando la urea entra en contacto con el suelo, se produce una veloz hidratación y disolución del gránulo desapareciendo a simple vista. La urea ya en solución, queda sujeta a factores propios del suelo y del clima, comenzando una etapa de desdoblamiento hasta llegar a la forma apropiada en que es absorbida por las plantas. Se debe recordar que cualquier fertilizante, y en mayor medida los nitrogenados, son afectados por factores del ambiente. Por lo tanto, cualquier práctica que favorezca su incorporación y contacto con la humedad del suelo, contribuirá positivamente en una más rápida y mejor absorción por el cultivo.

7.3. Momento de aplicación

Pueden aplicarse con alguna restricción en todos los cultivos durante y después de cualquier etapa de la siembra, permitiendo el contacto del producto con el suelo húmedo, evaluando la aplicación con el período de mayor requerimiento del cultivo.

La fertilización nitrogenada favorece el aumento del área foliar permitiendo mayor captación de energía lumínica.

Cereales de Invierno: (Trigo, avena, cebada, etc.): también pueden fertilizarse al macollaje o espigazón.

Cereales de verano (maíz, sorgo, girasol): la fertilización puede hacerse cuando la planta tiene de 4 a 8 hojas, que es la etapa del cultivo en el cual se produce la mayor demanda de N (Nitrógeno)

7.4. Dosis de uso

En aplicaciones a la siembra en banda: dosis inferiores a 80 Kg. de urea, dependiendo del tipo de suelo y del cultivo, pero siempre al costado y debajo de la profundidad de siembra de la semilla. En aplicaciones a la siembra al voleo: se recomiendan niveles entre 80-300 mg/ha.

7.5. Recomendaciones

La urea granulada es tan eficiente como cualquier otro fertilizante nitrogenado si se incorpora en el suelo inmediatamente luego de la aplicación.

7.6. Precauciones de uso

Inflamables

No almacenarlos junto a henos o productos orgánicos como plaguicidas y combustibles.

Separe la estiba del techo por lo menos un metro

Dejar espacio entre ellos para la circulación del aire

7.6.1. En caso de incendio:

Utilizar abundante agua para su extinción, evitando así emanaciones de gas o vapores tóxicos.

Extinguir el material combustible que está ardiendo

Reducir la temperatura del fertilizante caliente lo más rápido posible.

7.7. Manufactura de la Urea

7.7.1. Química de la Urea:

- Producción de Carbamato de Amonio



- Producción de la Urea



7.7.2. Producción de la Urea:

- Condiciones de Operación:

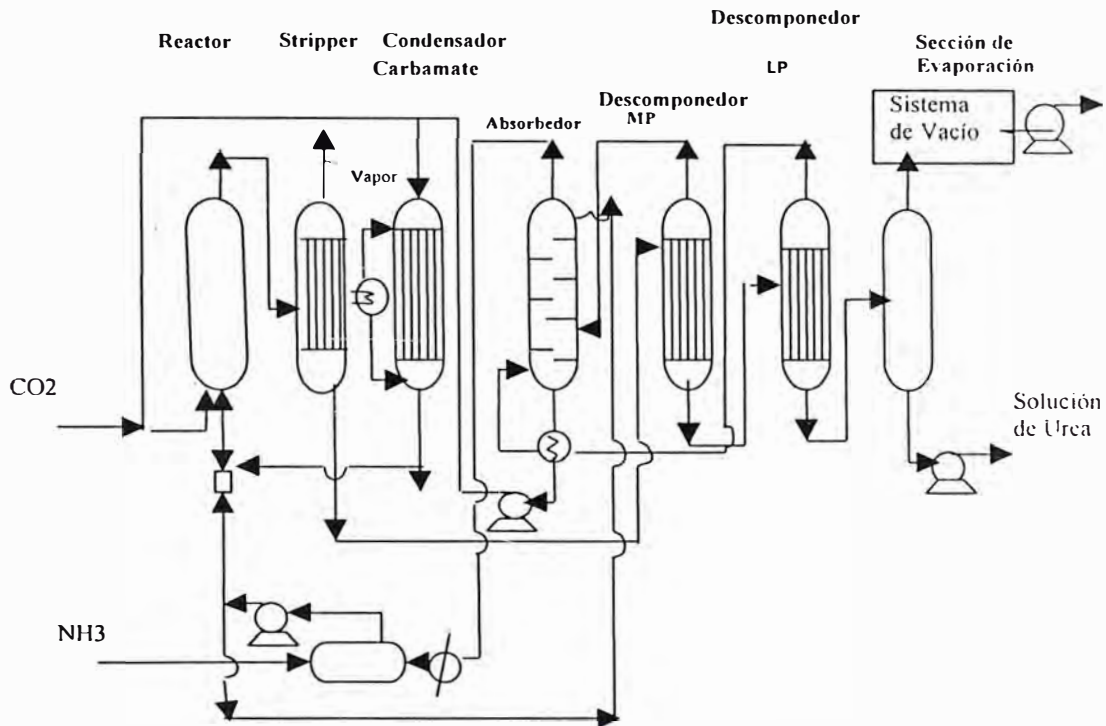
Temperatura : 180 – 210 °C

Presión : 150 bar.

- Amoníaco y Dióxido de carbono están presentes en el reactor de síntesis en una relación de 3 – 3.5: 1 respectivamente para promover la formación de Urea.
- Alrededor del 70% del carbamato formado es descompuesto a Urea.
- La mezcla reactante es enfriada a 150 °C y alimentada al tope de una torre de separación.
- La solución pasa por 2 o 3 descomponedores donde el CO₂ descompone al carbamato en sus componentes.
- La solución es concentrada por evaporación directa o por cristalización.

7.8. Planta de la Urea

Diagrama de Bloque



7.8.1. Usos de la Urea:

- Su mayor uso es como fertilizante
- Se usa en la manufactura de resinas de urea formaldehído.

Producida por la condensación de Urea y Formaldehído, usada en adhesivos para papel, triplay, recubrimientos de superficies y en procesamientos textiles.

- Como modificador de viscosidad para recubrimientos de papel a base de almidón.
- Pequeñas cantidades son usadas en la manufactura de poliuretanos, farmacéuticos, pasta de dientes, cosméticos, etc.

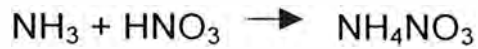
Nitrato de Amonio

8.1. Descripción

- Es una sal inorgánica de color blanco, soluble en agua, que contiene 35 % de nitrógeno.
- Es un agente oxidante de alto poder, usado ampliamente en la industria de explosivos.
- Puede obtenerse en diferentes formas:
 - Técnico denso – explosivo
 - Técnico poroso – explosivo
 - Agrícola.
 - Líquido.

8.2. Manufactura del Nitrato de Amonio:

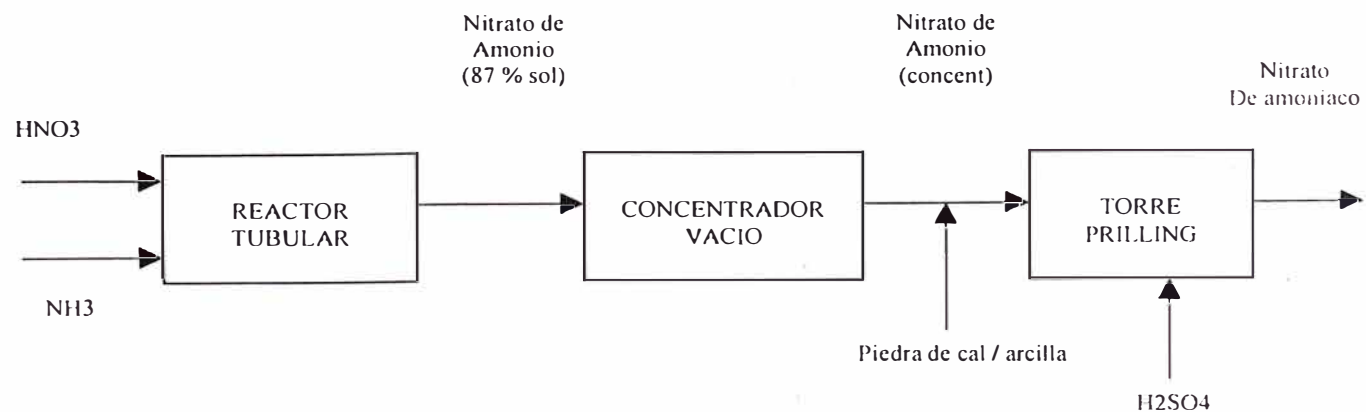
- Ácido Nítrico al 60 % de solución es contactado con vapores de amoniacos en un reactor tubular



- El calor de la reacción vaporiza parte del agua resultando una solución de Nitrato de Amonio al 87% de concentración.
- La solución concentrada (96 – 99) % es mezclada con cal y arcilla antes de ser alimentada a la torre de granulación.
- Se agrega H₂SO₄ al reactor para modificar la estructura cristalina que resiste la atrición. El producto final es enfriado y tamizado antes de ser almacenado.

8.3. Planta de Nitrato de Amonio

Diagrama de Bloque:



8.4. Conversión a Sólidos

El líquido de la unidad de síntesis a 83 – 87 % de solución es concentrado por evaporación hasta 95 – 99 %, luego es forzado a través de un rociador lanzado desde la parte superior de la torre de prilling y enfriado por aire mientras desciende para formar los gránulos; Este proceso produce tamaños y densidades que varían dependiendo del contenido de humedad de la muestra, la altura de la torre, la temperatura del aire y el flujo del aire de enfriamiento.

Gránulos de baja densidad (48 lbs/ft³) que se requiere para la manufactura de agentes de explosión (ANFO: Nitrato de Amonio / combustible) se produce a partir de soluciones del 95 – 97 % de nitrato de amonio (la migración de la humedad desde los gránulos causa la porosidad y fragmentación que permite que el combustible sea absorbido a niveles de 5-6 %)

La producción de gránulos de alta densidad (54 lbs/ft³) se prepara a partir de soluciones del 99.5 % de nitrato de amonio para este caso solo se necesita enfriamiento y no ocurre la migración de la humedad, el resultado es un granulo duro de alta densidad el que es preferido por la industria de fertilizantes debido a sus propiedades de mezcla y costos menores de almacenamiento.

8.5. Usos del Nitrato de Amonio:

- Usos en sector agrícola como fertilizante el Nitrato de Amonio se disuelve rápidamente con la humedad del suelo; La porción de nitrato de la sal esta disponible en forma inmediata a las plantas a través de sus raíces, la porción de amonio es retenida por los coloides del suelo, donde es oxidado lentamente a la forma nitrato con la ayuda de organismos bacteriales contenidos en el suelo; por otro lado este puede ser usado solo o en solución con urea.
- Uso como explosivo, aquí se requiere de condiciones especiales de preparación para que durante el proceso de granulación se obtenga unos gránulos con una mayor porosidad que el producto que normalmente se usa para uso fertilizante; la inclusión de materiales como petrolato, ceras parafinicas o aceites incrementan su sensibilidad al autocalentamiento y explosión (el explosivo comúnmente conocido que se prepara es el ANFO de amplia utilización en el sector minero.

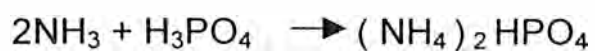
Fosfato Di Amónico

9.1. Química de los Fosfatos:

Mono Fosfato de Amonio



Fosfato Di Amónico



9.2. Descripción del Proceso:

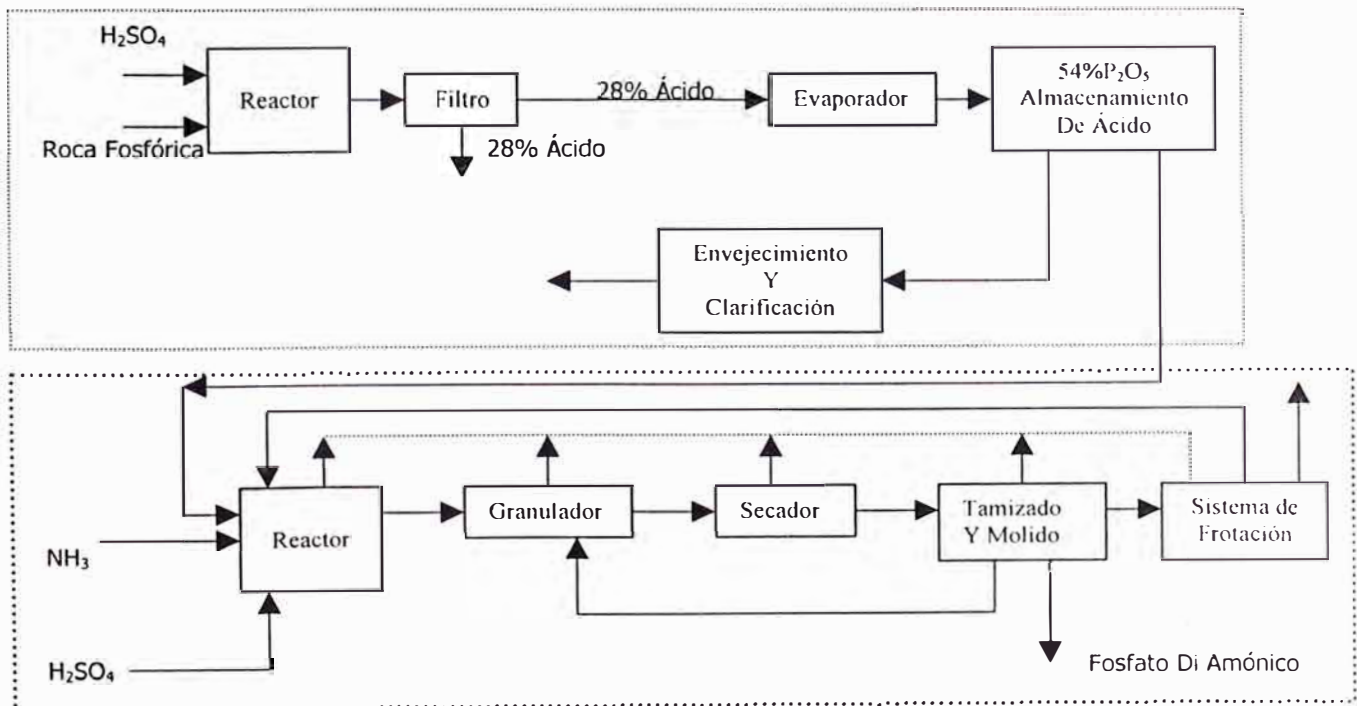
El Fosfato Di Amónico es una fuente primaria de fósforo y una fuente secundaria de nitrógeno; para su manufactura requiere de la disponibilidad de roca fosfórica como materia prima y de amoniaco para su procesamiento, además se requiere de la

producción de ácido fosfórico en una etapa previa para lo cual se hace reaccionar roca fosfórica con ácido sulfúrico.

Para la producción del Fosfato Di Amónico, el amoníaco es vaporizado y reaccionado para neutralizar el ácido fosfórico en un reactor con agitación, la mezcla resultante es rociada sobre una cama de Fosfato Di Amónico, en la que se inyecta amoníaco para completar la reacción, los gránulos húmedos son secados, tamizados y almacenados.

9.3. Planta de Fosfato Di Amónico

Diagrama de Bloque de Planta



Según el diagrama de bloque tenemos una etapa previa a la formación del fosfato di amónico, esta es la etapa en la que se

produce el ácido fosfórico (proceso encerrado en el primer rectángulo) luego, con la disponibilidad del ácido fosfórico como materia prima podemos iniciar el siguiente proceso que es la manufactura en si del fosfato di amónico (proceso encerrado en el rectángulo siguiente).

Como se ha descrito para la manufactura de Fosfato Di Amoniaco se requiere de Roca Fosfórica y Ácido Fosfórico; Esta materia prima podríamos obtenerlos de nuestras fuentes naturales de Rocas Fosfóricas en Bayovar él cual tiene grandes yacimientos de este mineral no ferroso e inorgánico.

Los Yacimientos de Bayovar están estratégicamente enclavados en la Cuenca del Pacífico, específicamente en costa norte del Perú en el desierto de Sechura, con reservas potenciales de 10 000 millones de toneladas métricas de roca fosfórica y con reservas probadas de mas de 400 millones de toneladas métricas, calculadas como concentrado de 30.5 % de P_2O_5 lo cual permitiría una producción de 3 millones de toneladas métricas anuales por 20 años (Fuente : Sustrato del Proyecto Bayovar 1997 encontrada adjunto en el anexo para mayor información). Por su cercanía al mar estos yacimientos tienen un fácil acceso a los países de la Cuenca del Pacífico, donde actualmente la importación de roca fosfórica supera los 23 millones de toneladas métricas.

En los últimos 15 años se han realizado en el Perú investigaciones con esta roca, habiéndose probado experimentalmente su gran eficiencia especialmente en los suelos ácidos del trópico, generalmente deficientes en fósforo y otros nutrientes.

Su uso en el Perú se ha incrementado en los últimos años para la preparación de fertilizantes fosfatados y compuestos, mas que en forma natural, esto amarrado a la necesidad de incorporar nuevas áreas a la agricultura lo cual a generado una fuerte corriente migratoria de agricultores de origen andino hacia la selva cuyos suelos presentas serias deficiencias de fósforo. De acuerdo a estudios realizados por Sánchez y Benítez (1983) se estima que en la amazonia peruana el 66% de los suelos, es decir 49.7 millones de hectáreas presentan este problema. La fijación de fósforo es común en 18.9 millones de hectáreas, lo cual representa el 25% del área total.

9.4. Usos del Fosfato Di Amónico

El fosfato Di Amónico contiene principalmente 18% de nitrógeno y 46% de P_2O_5 es usado principalmente como uno de los componentes de los fertilizantes mixtos que contiene nitrógeno, fósforo y potasio (N, P_2O_5 , K_2O) en diferentes combinaciones de acuerdo con las necesidades específicas de los suelos y cultivos a realizarse.

Demandas de Fertilizantes

Los cuadros sobren demanda de fertilizantes que se presentan a continuación tienen como fuentes a:

- En Perú: Aduanas del Perú.
- Otros Países: International Fertilizer Organization

10.1. Demanda de Urea

País	Miles de Toneladas/ Año
Perú	300
Chile	300
Colombia	300
Total	900

Fuente: ADUANAS, Organización Internacional de Fertilizantes.

Este dato es importante para el dimensionamiento de la planta de Urea, la cual tendría que tener una producción de **900 000 toneladas al año** de los cuales el 33% de la producción anual sería para atender al mercado local y el 67% restante sería

para la exportación atendiendo el mercado de América del Sur como Colombia, Chile entre otros.

10.2. Demanda de Nitrato de Amonio

Uso	Miles de Toneladas/ Año
Agrícola	20
Explosivo	100
Total	120

Fuente: ADUANAS, Organización Internacional de Fertilizantes.

Para dimensionar la planta de Nitrato de Amonio consideraremos solo la atención del mercado local con una tendencia de crecimiento en el consumo interno en el sector agrícola el cual representaría el 20% y un consumo del 80% en el uso de explosivos; por lo tanto teniendo en cuenta estas consideraciones la planta tendría que tener una producción anual de **180 000 toneladas al año**.

10.3. Demanda de Fosfato Di Amónico

País	Miles de Toneladas/ Año
Perú	80
Chile	100
Ecuador	50
Colombia	40
Total	270

Fuente: ADUANAS, Organización Internacional de Fertilizantes.

Para el dimensionamiento de la planta de Fosfato Di Amónico consideraremos una **producción anual de 610 000 toneladas** con lo cual se atenderá el mercado local en un 20% y el restante 80% deberá ser exportada a mercados como Asia.

DIMENSIONAMIENTO DE COMPLEJO PETROQUÍMICO

Como hemos podido observar existe mercado para los fertilizantes que hemos considerado en nuestro estudio, por la tanto la demanda de nuestro mercado local e internacional justifica se construya un Complejo Petroquímico Integrado con una Planta de Amoniaco que alimenta a las otras plantas de fertilizantes como son Planta de Urea, Planta de Nitrato de Amonio y Planta de Fosfato Di Amónico; bajo estas consideraciones realizaremos una evaluación económica de cada una de las plantas en base a la información proporcionada por la empresa SRI International la cual tiene desarrollado para cada planta y para cada proceso en particular todo la evaluación económica lo cual nos permite obtener el costo del fertilizante producido en cada planta y bajo un proceso determinado.

Como se ha menciona existen diferentes procesos para la obtención ya sea del Amoniaco o de uno de estos tres fertilizantes que según SRI International, pero para nuestro estudio consideraremos el

proceso que permita obtener un costo del producto bajo, lo cual nos permitirá entrar al mercado internacional con ventaja de precio; sin embargo haremos a continuación mención de los procesos que existen:

11.1. Para la Urea:

- Proceso UTI's Heat Recycle.
- **Proceso Stamicarbon:** considerado para nuestra planta
- Proceso Isobaric Double Recycle.
- Proceso Mitsui Toatsu.

La evaluación por el proceso Stamicarbon se muestra en la siguiente hoja

PLANTA DE UREA

COSTOS DE MATERIA PRIMA Y SERVICIOS PUBLICOS

	Costos Unitarios Ctvs \$/Kg	Consumo TM/TM		Costo Final US\$/TM
COSTOS MATERIA PRIMA				
AMONIACO	8.266	0.57	TM	106.6
DIOXIDO DE CARBONO	0	0.755	TM	
COSTO BRUTO DE LA MATERIA PRIMA				47.12
COSTO DE PROCESOS				
AGUA PARA ENFRIAMIENTO	Ctvs US\$/M ³ 1.76	78	M ³	1.4
VAPOR DE AGUA	Ctvs US\$/TM 7.91	0.93	TM	7.4
AGUA PARA PROCESO	Ctvs US\$/M ³ 25.84	0.08	M ³	0.0
ELECTRICIDAD	Ctvs US\$/KWH 3.5	22	KWH	0.8
TOTAL				9.6
MILES DE TONELADAS/AÑO		900		

INVERSION	MILLONES US \$ (se considera 25% contingencia)
EQUIPOS	86.40
INSTALACION, MONTAJE Y COMPLEMENTARIOS	76.00
TOTAL DEL CAPITAL FIJO	162.40

COSTOS DE PRODUCCION US\$/TM

MATERIA PRIMA	47.12
PROCESOS	9.60
COSTOS VARIABLES	116.20

MATERIALES DE MANTENIMIENTO	2.90
SUMINISTROS DE OPERACIÓN	0.20
TRABAJO DE OPERACIÓN	1.70
TRABAJO DE MANTENIMIENTO	2.90
CONTROL DE LABORATORIO	0.30
TOTAL DEL COSTO DIRECTO	124.20

MANTEN. INTEGRAL DE LA PLANTA	3.90
IMPUESTOS Y SEGUROS	3.60
DEPRECIACION	18.00
COSTO EN PUERTA DEPLANTA	90.14

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CAPACIDAD AL 100%	90.14
--------------------------	--------------

11.2. Para el Nitrato de Amonio:

Proceso High Density Prills: considerado para nuestra planta.

PLANTA NITRATO DE AMONIO

COSTOS DE MATERIA PRIMA Y SERVICIOS PUBLICOS

		COSTOS UNITARIOS	CONSUMO TM/TM		COSTO FINAL US\$/TM
COSTOS MATERIA PRIMA					
ACEITE AMINICO	(US\$/Kg)	3.263	0.002	TM	6.53
AMONIACO	Ctvs US\$/Kg	8.266	0.208	TM	38.90
ACIDO NITRICO	Ctvs US\$/Kg	23.1	0.7686	TM	177.55
CALIZA EN POLVO	Ctvs US\$/Kg	9.66	0.0311	TM	3.00
ACIDO SULFURICO	Ctvs US\$/Kg	5.07	0.0118	TM	0.60
COSTO BRUTO DE LA MATERIA PRIMA					204.87
COSTO DE PROCESOS					
AGUA PARA ENFRIAMIENTO	Ctvs US\$/M ³	1.76	1.5	M3	0.03
VAPOR DE AGUA	Ctvs US\$/TM	7.91	0.126	TM	1.00
ELECTRICIDAD	CtvsUS\$/KwHr	3.5	42.8	Kwh	1.50
TOTAL					2.52

MILES DE TONELADAS /AÑO 177.5

	MILLONES US\$
INVERSION	
EQUIPOS	17.80
INSTALACION Y MONTAJE	17.90
TOTAL DEL CAPITAL FIJO	35.70

COSTOS DE PRODUCCION US\$/TM

MATERIA PRIMA	204.87
PROCESOS	2.52
COSTOS VARIABLES	229.09
MATERIALES DE MANTENIMIENTO	3.00
SUMINISTROS DE OPERACIÓN	1.00
TRABAJO DE OPERACIÓN	9.90
TRABAJO DE MANTENIMIENTO	3.00
CONTROL DE LABORATORIO	2.00
TOTAL DEL COSTO DIRECTO	247.99

MANT. INTEGRAL DE PLANTA	11.90
IMPUESTOS Y SEGUROS	4.00
DEPRECIACION	20.10
COSTO DE PLANTA	262.29

COSTOS PRODUCCION CAPACIDAD AL 100%	262.29
----------------------------------------	---------------

11.3. Para el Fosfato Di Amónico :

Proceso del complejo Bayovar – Estudio de Factibilidad de Bayovar – Realizado por la empresa Jacob Engineering – 1982 (se muestra en la siguiente hoja la evaluación por este proceso)

PLANTA DE FOSFATO DI AMÓNICO

COSTOS DE MATERIA PRIMA Y SERVICIOS PUBLICOS

		COSTOS UNITARIOS	CONSUMO TM/TM	COSTO FINAL US\$/TM
COSTOS MATERIA PRIMA				
AMONIACO	Ctvs US\$/Kg	8.266	0.23	19.0
COMBUSTIBLE	Ctvs US\$/Kg	195	0.13	25.4
ACIDO SULFURICO P ₂ O ₅	Ctvs US\$/Kg	5.07	0.04	2.0
	Ctvs US\$/Kg	5.6	0.476	26.7

COSTO BRUTO DE LA MATERIA PRIMA

73.0

COSTO DE PROCESOS

VAPOR DE AGUA	Ctvs US\$/M ³	7.91	0.2	1.6
AGUA DE MAR	Ctvs US\$/M ³	0.8	9	0.1
AGUA PARA PROCESO QUÍMICOS	Ctvs US\$/M ³	25.84	0.45	0.1
				0.2
ELECTRICIDAD	Ctvs US\$/Kwh	3.5	14.2	0.5
TOTAL				2.5

MILES DE TONELADAS /AÑO 610

INVERSIÓN MILLONES US\$

PLANTA DE ACIDO FOSFORICO	61
PLANTA DE ACIDO SULFURICO	190
PLANTA DE DAP	129
TOTAL DEL CAPITAL FIJO	380.00

COSTOS DE PRODUCCION US\$/TN

MATERIA PRIMA	73.0
PROCESOS	2.48
COSTOS VARIABLES	99.52

MATERIALES DE MANTENIMIENTO	5.30
SUMINISTROS DE OPERACIÓN	0.30
TRABAJO DE OPERACIÓN	2.90
TRABAJO DE MANTENIMIENTO	5.30
CONTROL DE LABORATORIO	0.60
TOTAL DEL COSTO DIRECTO	113.92

MANT. INTEGRAL DE LA PLANTA	7.00
IMPUESTOS Y SEGUROS	10.00
DEPRECIACION	50.00
COSTO DE PLANTA	156.92

COSTOS PRODUCCION

CAPACIDAD AL 100% 156.92

11.4. Para el Amoniaco:

- Proceso ICI AMV.
- Proceso ICI LCA.
- Proceso MW Kellogg.
- **Proceso MW Kellogg Improved:** considerado para nuestra Planta (se muestra en la siguiente hoja la evaaluación por este proceso)

PLANTA DE AMONIACO

COSTOS DE MATERIA PRIMA Y SERVICIOS PUBLICOS

	Costos Unitarios Ctvs US\$/10 ⁶ Cal	Consumo 10 ⁶ Cal/TM(NH ₃)		Costo Final US\$/TM
COSTOS MATERIA PRIMA				
CATALIZADORES Y QUIMICOS				4.4
SUMINISTRO DE GAS NATURAL	0.0	6500		0.0
COSTO BRUTO DE LA MATERIA PRIMA				4.4
COSTO DE PROCESOS				
AGUA PARA ENFRIAMIENTO	Ctvs US\$/M ³ 1.76	150	M ³	2.6
AGUA PARA PROCESO	Ctvs US\$/M ³ 25.84	1.3	M ³	0.3
ELECTRICIDAD	Ctvs US\$/Kwhr 3.5	88	Kwh	3.1
SUMINISTRO DE GAS NATURAL	0.0	1511		0.0
TOTAL				6.1
MILES DE TONELADAS /AÑO		900		

INVERSION	MILLONES US\$ (se considera 25% contingencia)
EQUIPOS	200.50
INSTALACION, MONTAJE Y COMPLEMENTARIOS	78.20
TOTAL DEL CAPITAL FIJO	278.70

COSTOS DE PRODUCCION US\$/TN

MATERIA PRIMA	4.40
PROCESOS	6.10
COSTOS VARIABLES	69.74
MATERIALES DE MANTENIMIENTO	4.60
SUMINISTROS DE OPERACIÓN	0.30
TRABAJO DE OPERACIÓN	2.70
TRABAJO DE MANTENIMIENTO	6.10
CONTROL DE LABORATORIO	0.50
TOTAL DEL COSTO DIRECTO	83.94
MANTEN.INTEGRAL DE PLANTA	7.40
IMPUESTOS Y SEGUROS	8.40
DEPRECIACION	42.20
COSTO EN PUERTA DEPLANTA	82.66
COSTOS DE PRODUCCIÓN CAPACIDAD AL 100%	82.66

11.5. Calculo de Requerimiento de amoniaco y Gas Natural para el Complejo Integrado:

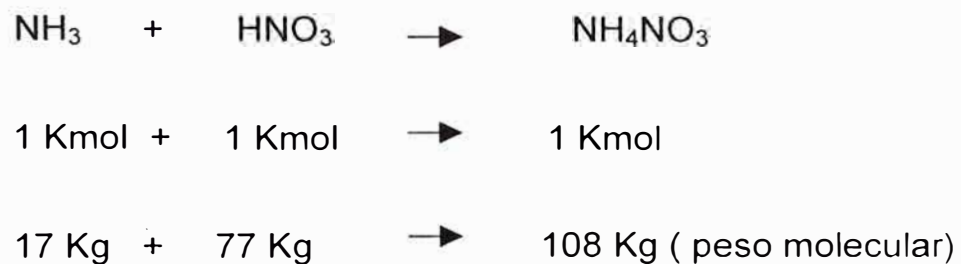
Para el Amoniaco y Gas Natural :

A) Según Balance Estequiometrico (Teórico)

Para la UREA :



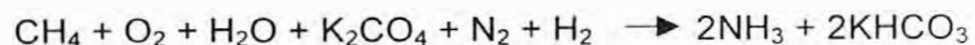
Para el NITRATO DE AMONIO :

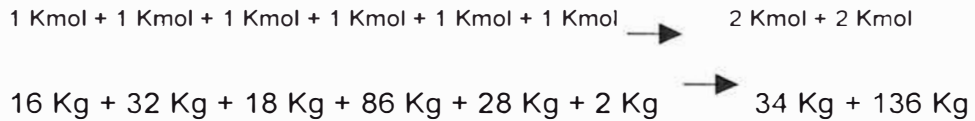


Para el FOSFATO DI AMONICO :



Para el AMONIACO :



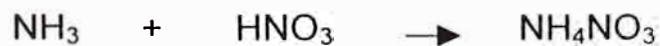


Realizando el balance estequiométrico para 900 mil toneladas anuales de Urea, 180 mil toneladas anuales de Nitrato de Amonio y 610 mil toneladas anuales de Fosfato Di Amónico tenemos :

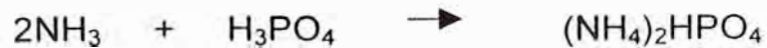
Para la UREA : multiplicamos por 10,23 mil toneladas



Para el NITRATO DE AMONIO : a todo por 1,64 mil TM



Para el FOSFATO DI AMONICO : a todo por 4,77 mil TM

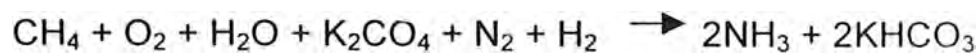


Del balance estequiométrico y para esta producción de fertilizantes tendríamos un requerimiento teórico de Amoniaco de :

348 mil TM (Urea) + 28 mil TM (Nitrato de Amonio) + 162 mil TM (Fosfato Di Amónico) = **538 mil TM (Amoniaco)/año**

Con este dato calculemos la cantidad de gas natural que requeriríamos para producir 538 mil toneladas anuales de Amoniaco según nuestro balance estequiométrico

Para el AMONIACO : Multiplicamos por 15,82 mil TM



253 TM + 506 TM + 284 TM + 1360 TM + 443 TM + 32 TM \longrightarrow 538 TM + 2152 TM (en miles)

Del balance estequiométrico tenemos un **consumo anual** de **253 000 toneladas** de gas natural como material prima (no se considera la cantidad de gas natural que se utiliza como combustible).

Para calcular su equivalente en millones de pies cúbicos consideraremos una gravedad especifica de 0,580 Kg/m³ (0,01642 TM / pie³) para el gas natural (valor promedio)

$$253\ 000 / 0.01642 = 15\ 408 \times 10^6 \text{ pie}^3 .$$

Por lo tanto se requerirá **15 408 millones de pies cúbicos anuales** como materia prima en la manufactura de amoniaco.

B) Según SRI International :

Para la UREA :

$[0,57\text{TM}(\text{NH}_3) / \text{TM}(\text{Urea})] \times 900 \text{ mil TM de Urea} = \mathbf{513}$ mil TM anuales de amoniaco.

Para el NITRATO DE AMONIO :

$[0,208\text{TM}(\text{NH}_3) / \text{TM}(\text{nitrato})] \times 177,5 \text{ mil TM de Nitrato} = \mathbf{36,92}$ mil TM anuales de amoniaco.

Para el FOSFATO DI AMONICO :

$[0,23\text{TM}(\text{NH}_3) / \text{TM}(\text{fosfato})] \times 610 \text{ mil TM de Fosfato Di Amónico} = \mathbf{140,3}$ mil TM anuales de amoniaco.

Total de Amoniaco requerido en la manufactura de los tres fertilizantes : **690,22** mil TM anuales de Amoniaco

Para el Gas Natural

Como Materia Prima :

$6500 \times 10^6 \text{ Cal/ TM de NH}_3 = 25,792 \text{ MMBTU/ TM de NH}_3$

Para 900 mil TM anuales de amoniaco

Total = 23 212,8 millones de pies³ anuales.

Como Combustible :

$1511 \times 10^6 \text{ Cal/ TM de NH}_3 = 5,996 \text{ MMBTU/ TM de NH}_3$

Total = 31, 788 MMBTU/ TM de NH₃

Para 900 mil TM anuales de amoniaco

TOTAL = 28 609,2 millones de pies³ anuales.

CONCLUSIONES

Luego de calcular el precio de la TM para el amoníaco, variando el precio de gas natural con valores que nos permita obtener precios competitivos de los fertilizantes, nos resultó que el precio más conveniente sería un costo CERO, esto podría ser factible ya que en su última presentación del consorcio PLUS PETROL en la ciudad de Pisco se adelantó que para proyectos petroquímicos se estaba contemplando un costo cero para el gas natural; Según esto se obtendría precios competitivos para el amoníaco, urea y fosfato di amónico, no así para el nitrato de amonio, teniendo este un costo alto en comparación a precios reportados por ADUANAS; De otro lado la inversión aproximada para la instalación de dicho complejo petroquímico integrado sería de 856,8 millones de dólares, con un consumo anual de 28 609,2 millones de pies³ de gas natural el cual representa un consumo considerable para el proyecto CAMISEA.

BIBLIOGRAFÍA

- Reportes de Aduanas (Importación de Fertilizantes a Perú)
- Centro de Información del Ministerio de Energía y Minas.
- Sociedad Nacional de Minería y Petróleo (SNMPE: para el caso de consumo Nitrato de Amonio en Minería)
- Reportes de Producción de las empresas (Fertiza, Indus, Pesca Perú, Incasa, petroperú)
- Información de Procesos de SRI International.
- Información de Segunda Especialización en Gas Natural Facultad de Petróleo – UNI (Curso: Petroquímica del gas Natural).

14

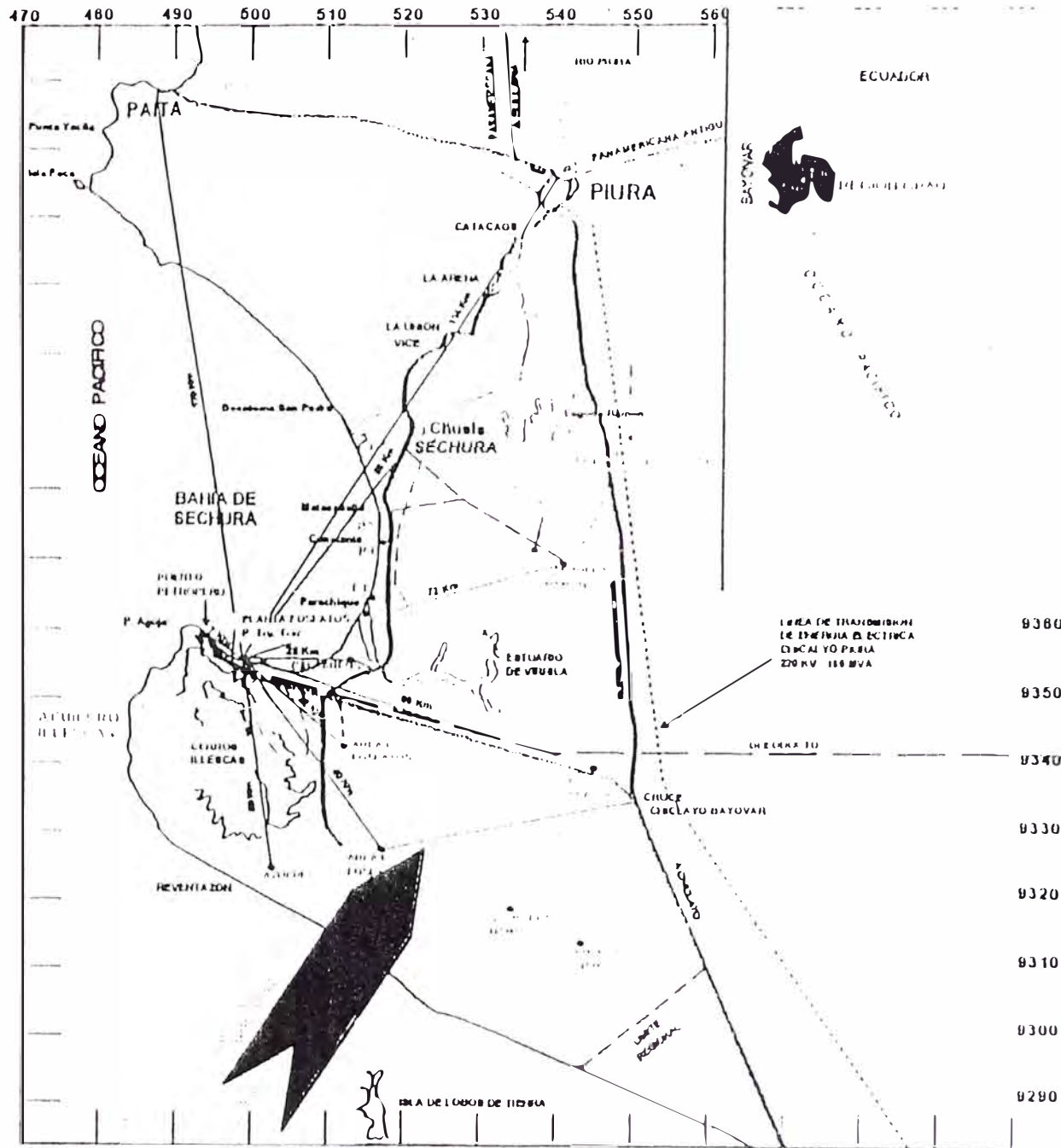
ANEXOS



Empresa Minera del Perú S.A.

PROYECTO BAYOVAR

Abril, 2000



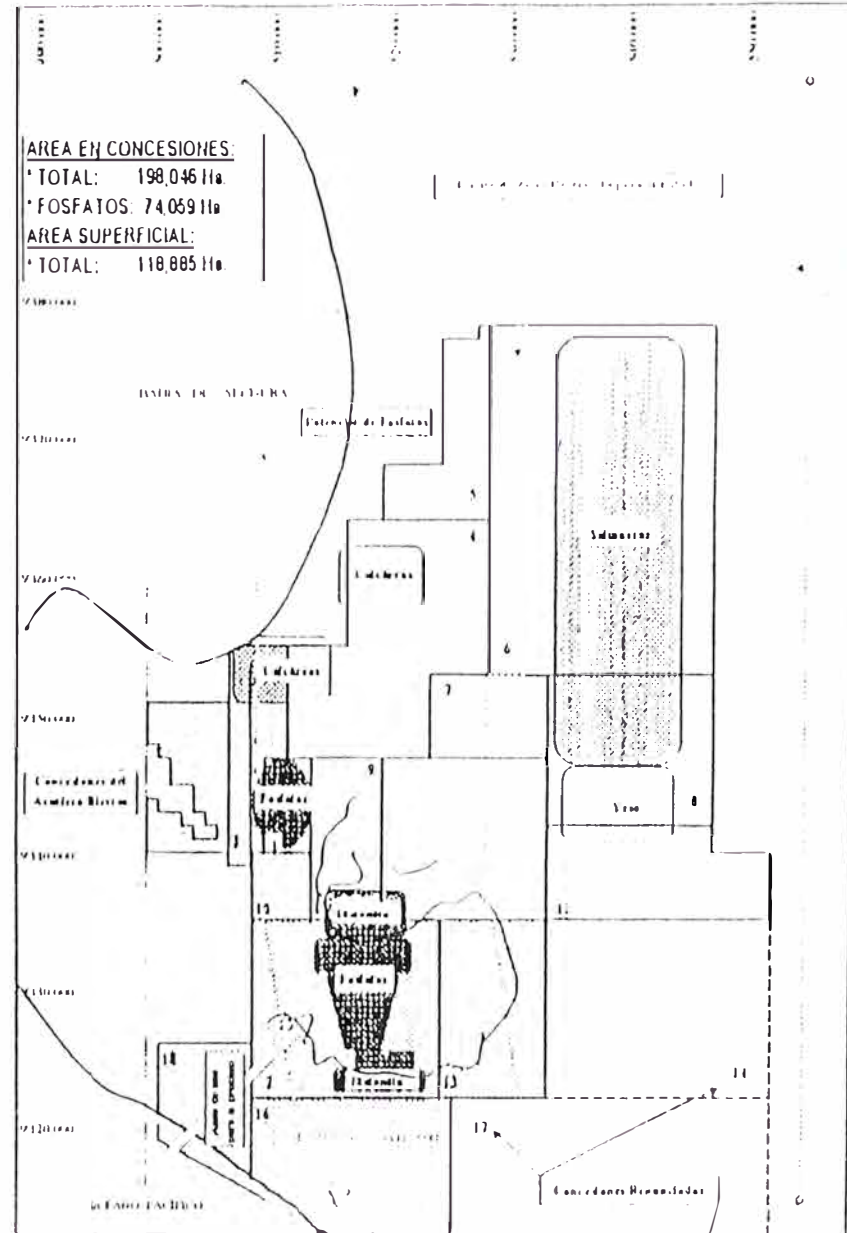
Ubicación:
 Proyecto
 Bayovar

Bayovar:

- Descubrimiento: 1,956
- Area Fosfatos: 74,059 Ha
- Reservas potenciales:
 - 10,000 millones de TM

Reservas Minables de Roca Fosfórica *	
País	MMt
Marruecos	33,600
USA	3,300
China	4,800
Jordania	2,300
Sud Africa	2,000
Australia	1,700
Rusia	1,500
Tunez	1,400
Perú (Bayovar)	816
Otros	3,600
TOTAL	55,016

* Costo producción menor a \$ 40/t



Bayovar: Estudios realizados

Año	Empresa	Tamaño	Inversión (MMUS\$)
1968	Kaiser	2 millones TM/año de concentrados de roca fosfórica	120 (AREA II)
1974	Minero Perú	887,000 TM/año de concentrados	46.7 (AREA II)
1979	ENADIMSA	Planta Concentradora de Total 2 millones TM/año de concentrados para producir : 201,000 TM/año Fosfato Diamónico 357,800 TM/año Superfosfato Triple 880,500 TM/año Roca Fosfórica	320.8 (AREA II)
1982	PROBAYOVAR/ JACOBS - USA	Roca Fosfórica Total 3 millones TM/año Acido Fosfórico 100,000 TMA Fosfato Diamónico 260,000 TMA Superfosfato Triple 100,000 TMA	Etapa I 691 Etapa II 140 Etapa III 750 Total 1,581 (AREA II)
1985	PROBAYOVAR (Norshk Hydro)	1.5 millones TM/año de concentrados de roca fosfórica	163 (AREA II)
1988	Fletcher de Nueva Zelandia	400,000 TM/año de concentrados de roca fosfórica	30 (AREA I)
1995	Jacobs/Rothschild (Revisión) - USA	Roca Fosfórica Total - 2 MM TM/año Ventas: - DAP 610,000 TMA - Acido Fosfórico 75,000 TMA - Roca Fosfórica 600,000 TMA	463.2 (AREA II)
1995	Jacobs/Rothschild	Planta Concentradora de Total 2 millones TM/año	195.7 (AREA II)
1997	Pincock Allen & Holt	Planta Concentradora = 2.7 MM TM/año DAP 1'171,000 TM/año Roca Fosfórica 600,000 TM/año	413.0 (AREA II)

Conceptos de Fertilización

- Aporte mineral que mejora y/o restituye nutrientes en el suelo.
- Fertilizantes primarios: Fósforo, Nitrógeno y Potasio:
 - **Fósforo:** Vital para la síntesis de las proteínas. Su deficiencia crea lentitud o parada del crecimiento,
 - **Nitrógeno:** Contribuye notablemente en el desarrollo de las hojas y tallos y, consecuentemente en un crecimiento activo. Es constituyente también de proteínas, ácidos nucleicos y muchos otros compuestos.
 - **Potasio:** Indispensable para los procesos fundamentales de los vegetales tales como la respiración y metabolismo de los azúcares.



Clasificación de fertilizantes:

■ FOSFATADOS:

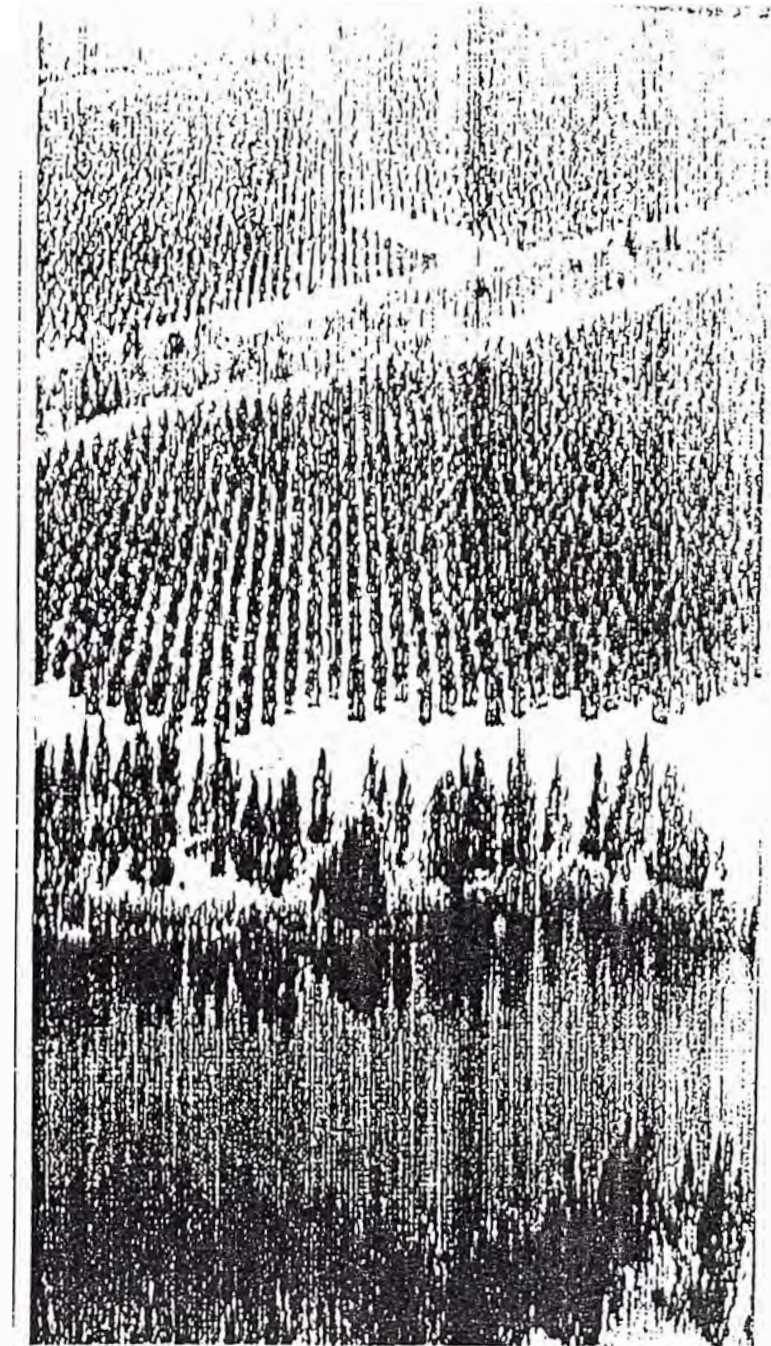
- Roca fosfórica: Notable regulador del pH.
- Fosfato de amonio: Muy soluble, de rápida respuesta
- Superfosfato de calcio: Para mezclas muy concentradas

■ NITROGENADOS:

- Úrea: De fácil conservación
- Nitrato de amonio: De uso generalizado.
- Sulfato de amonio: Contiene además azufre.

■ POTÁSICOS:

- Cloruro de potasio: Uso general
- Sulfato de potasio: Contribuyen a una sensible resistencia al frío y vigor de la planta así como el buen desarrollo de flores y frutos



Industria de Fosfatos: Terminologías

- P_2O_5 : Pentaóxido de Fosforo (contenido de fósforo en suelos y fertilizantes).
- N-P-K: Compuestos con contenidos de Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K)
- Fosfatos amónicos: compuestos de P_2O_5 con nitrógeno para aplicaciones industriales y fertilizantes
 - DAP: Fosfato di amónico (18-46-0); 18% de nitrógeno y 46% de P_2O_5
 - MAP: Fosfato monoámico (12-52-0); 12% de nitrógeno y 52% de P_2O_5 .

Posibilidades de fabricacion de fertilizantes Fosfatados



■ El consumo mundial anual de fertilizantes fosfatados para la temporada 1997/98 ha sido:

	Millones TM	
	P2O5	%
.Fosfato Diamónico (DAP), Fosfato Monoamónico (MAP) y otros compuestos NP	14.81	45.4 (1)
.Superfosfato Triple	2.17	6.7
.Superfosfato Simple	6.23	19.1
.Compuesto PK y NPK	7.74	23.7
.Otros	1.68	5.1
TOTAL	32.63	100.0

(1): De este total aproximadamente el 70% (10.4 millones de TM) corresponde al DAP.

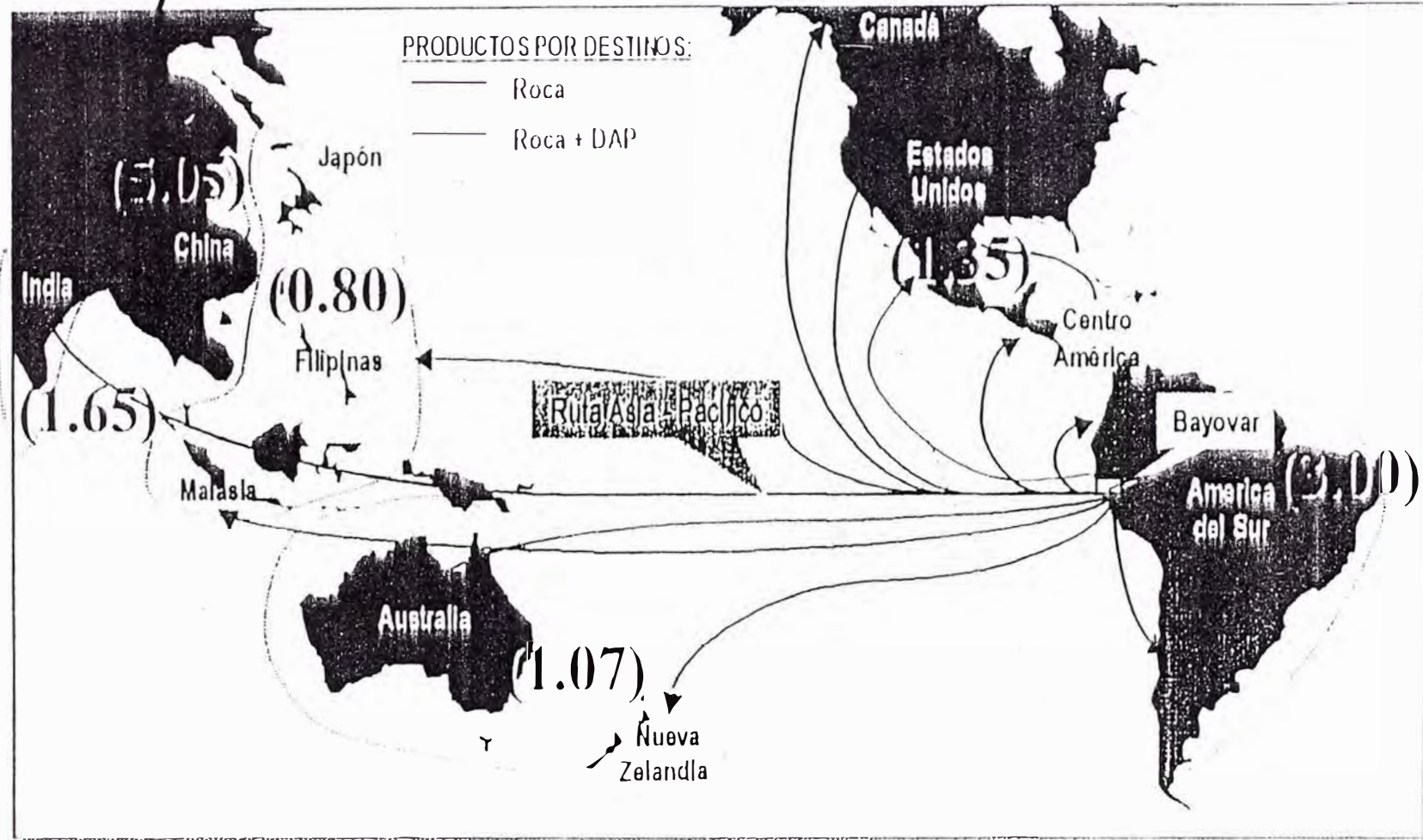
Fuente: Estadísticas IFA

Mercado de Roca Fosfórica

Balance de la producción y consumo de fosfatos
(Millones de TM de P_2O_5)

MERCADOS	1996 / 1997			2010 / 2011		
	PRODUCCIÓN	CONSUMO	BALANCE	PRODUCCIÓN	CONSUMO	BALANCE
MERCADO OBJETIVO	13.28	19.16	(5.88)	19.73	29.65	(9.92)
- América Latina	1.85	2.91	(1.06)	2.90	4.25	(1.35)
- Oceanía	0.57	1.35	(0.78)	0.78	1.85	(1.07)
- Asia del Sur (India)	2.78	3.56	(0.78)	3.55	5.20	(1.65)
- Asia del Este	1.50	2.06	(0.56)	2.45	3.25	(0.80)
- Asia Socialista (China)	6.58	9.28	(2.70)	10.05	15.10	(5.05)
OTROS MERCADOS	21.65	12.64	9.01	26.70	17.17	9.53
- América del Norte	10.95	4.86	6.09	11.60	5.50	6.10
- Africa	2.50	0.84	1.66	3.80	1.35	2.45
- Europa y otros	8.20	6.94	1.26	11.30	10.32	0.98
TOTAL MUNDIAL	34.93	31.80	3.13	46.43	46.82	(0.39)

Mercado Internacional: Fosfatos de Bayovar

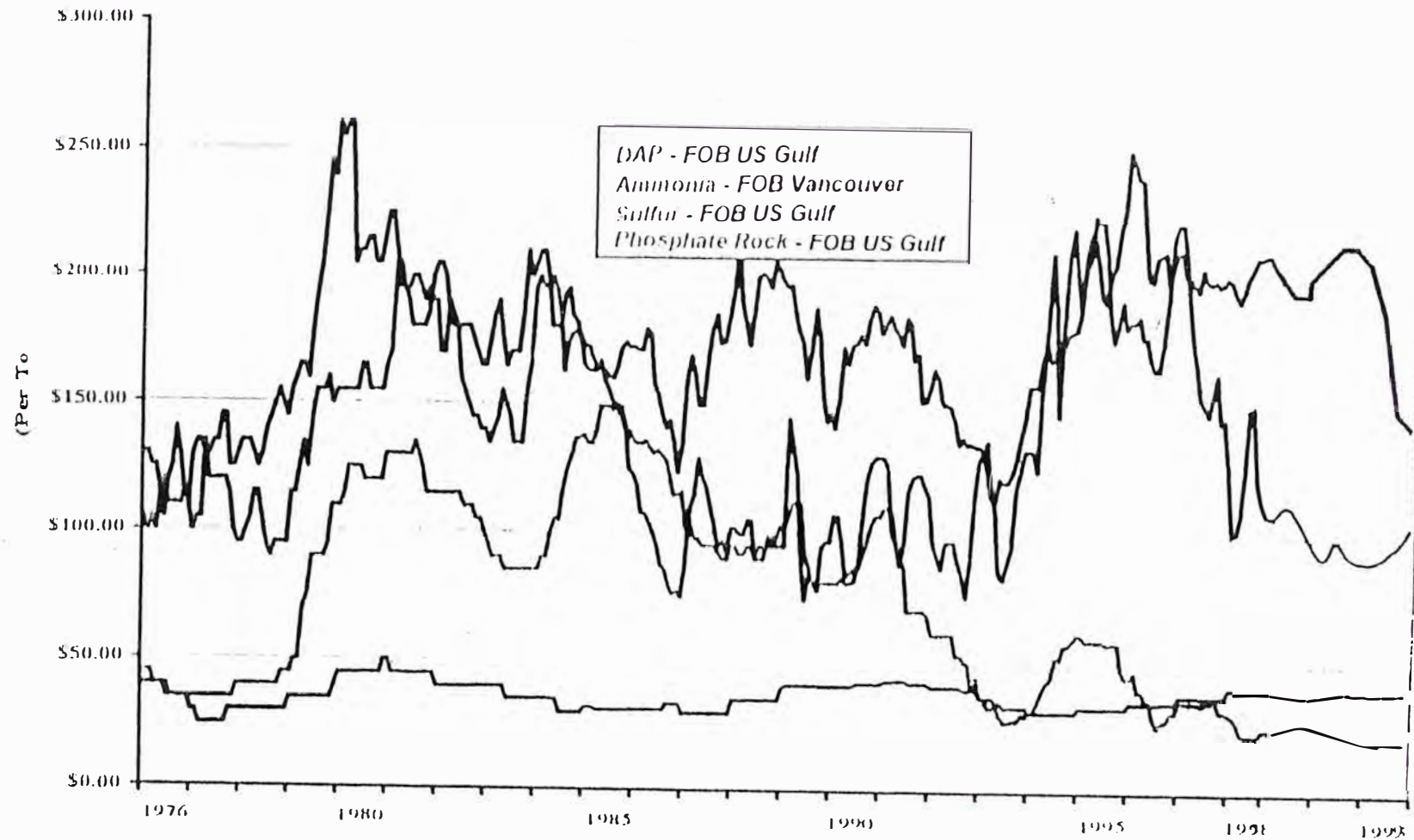


(**): Deficit proyectado 2010 (total 9.92 MMtpa de P₂O₅)

Comparación de costos cash DAP (Costo + Flete, en %)

DE	A						
	MEXICO	SUR CALIFORNIA	CHINA	KOREA	INDONESIA	NUEVA ZELANDA	AUSTRALIA
BAYOVAR	100	100	100	100	100	100	100
FLORIDA CENTRAL	109	110	121	109	97	109	105
MARRUECOS	124	125	124	115	85	124	118
TUNEZ	150	149	141	130	96	139	132
JORDANIA	133	130	115	105	77	116	107

Variación de precios de fertilizantes



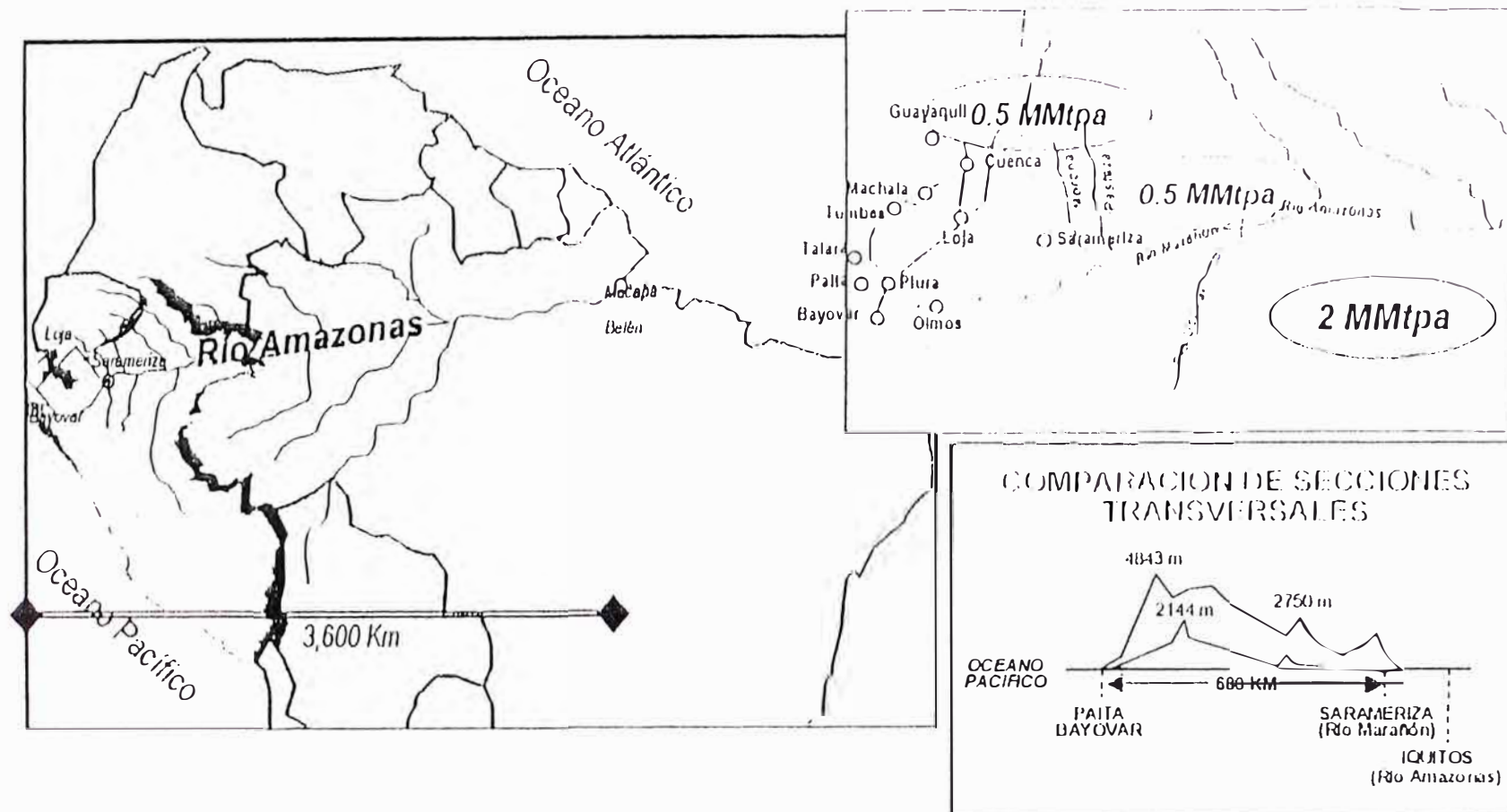
Fuente: British Sulphur Consultants Division, CRU International Ltd.

Producción de Fertilizantes Fosfatados Latino América

PAIS	FERTILIZANTES FOSFATADOS (MILES DE TM DE P2O5 POR AÑO)			
	DAP	MAP	SPT	TOTAL
BRASIL	18	340	227	585
CHILE				
COLOMBIA				
CUBA				
MEXICO	260	36	100	396
PERU				
VENEZUELA	20			20
TOTAL	298	376	327	1,001

FUENTE: BRITISH SULPHUR CONSULTANTS

Mercado Regional: Integración Atlántico - Pacífico



Eje de transporte:

- Carretero: Bayovar - Sarameriza (Perú)
- Fluvial: Sarameriza (Perú) - Belén (Brasil)

- Ruta permite un acercamiento entre las economías de Perú, Brasil, Ecuador, Colombia y otros países del Marcosur, integrando la cuenca del pacífico y del atlántico.

Mercado Local

■ Area sembradas:

- 3.3 millones de Ha



Tipo de cultivo	Ha en produccion	Ha en crecimiento	rendimiento total TM	Area total
Permanentes	399,512	79,865	1,791,022	479,377
Semi permanentes	574,565	142,750	22,717,822	717,315
Transitorios	2,108,343		10,890,566	2,108,343
			AREA TOTAL:	3,305,035



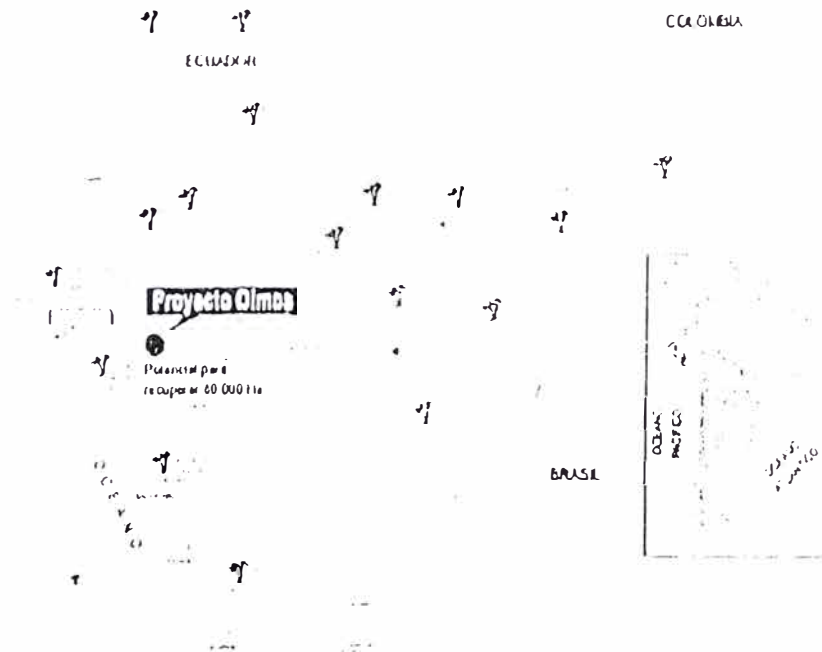
Mercado Local

■ Area en Proyectos Agrícolas:

- 125,000 Ha.
- Suelos de alta productividad

■ Areas potenciales:

- 7.35 millones de Ha
- Mejoramiento de suelos y cultivos

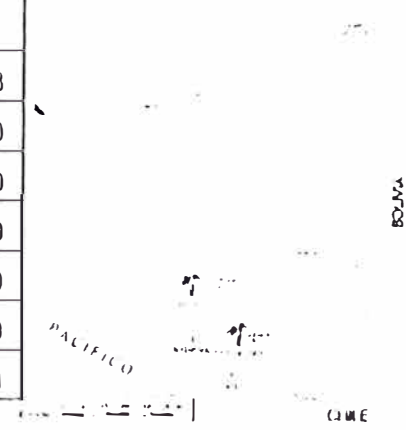


AREAS AGRICOLAS EN EL NOR ORIENTE

VALLES	Area (miles de Ha)	
		POTENCIAL
Alto Huallaga		1,150
Polvora - Campanilla		50
Guallaga Central		500
Bajo Mayo		150
Alto Mayo		500
Ucayali		5,000
TOTAL:		7,360

MERCADO POTENCIAL PARA FOSFATOS (MMI):	
- Sigüentes años	0.50

PROYECTO AGRICOLA	EXTENSION (Ha)
CHIRA-PIURA	23,768
OLMOS	60,000
JEQUETEPEQUE-ZAÑA	10,000
CHAVIMOCHIC	24,310
CHINECAS	4,000
MAJES	4,260
PASTO GRANDE	820



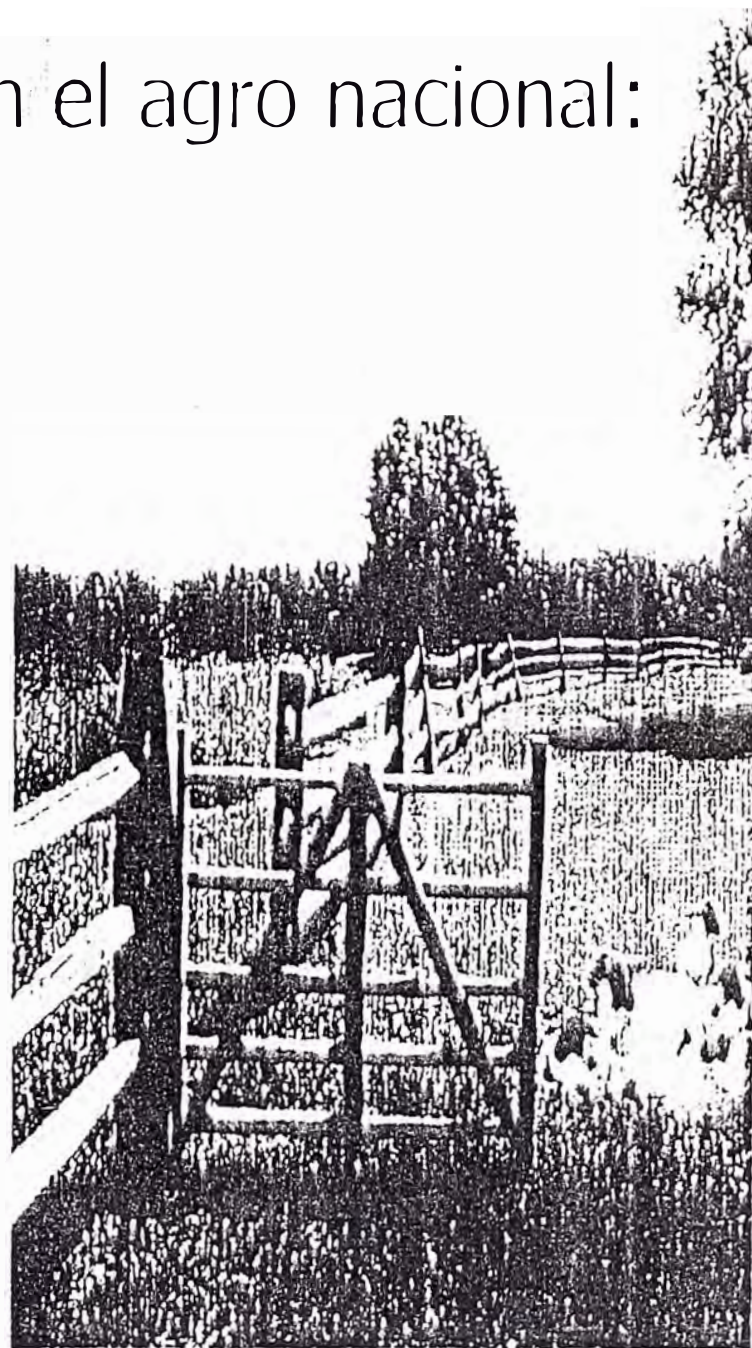
Importación de Fertilizantes

PRODUCTO	TM
Urea uso agrícola	296,160
Nitrato de Amonio	9,913
Sulfato de Amonio	36,968
Fosfato de Amonio	78,507
Superfosfatos	8,393

Valor de importación: 75 millones

Beneficios de Bayovar en el agro nacional:

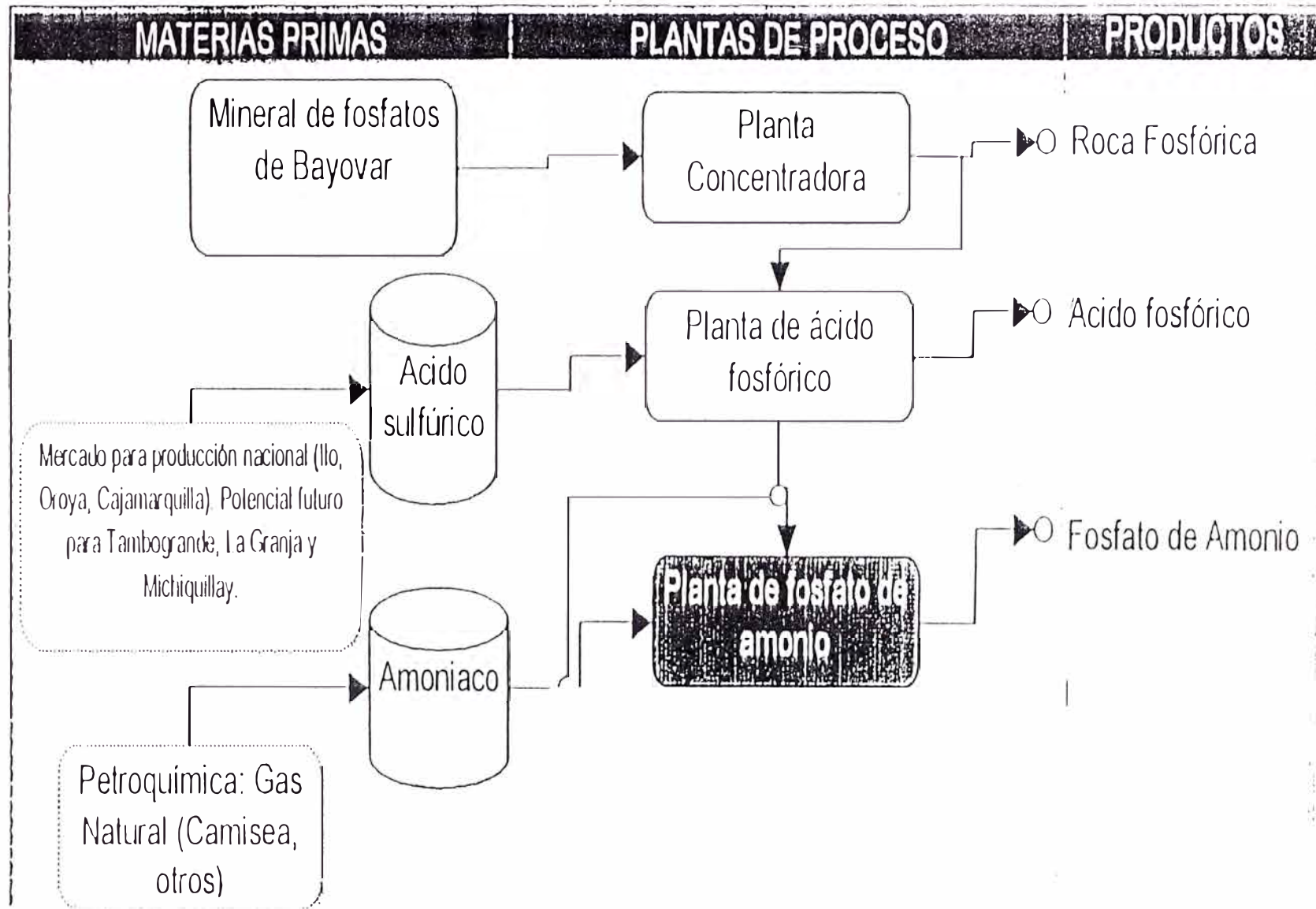
- Ampliación de la frontera agraria
 - Generación masiva de empleo
- Sustitución de importaciones y mejora en la balanza comercial
- Nueva cultura en el uso de fertilizantes en el Perú, incentivando el uso de fosfatos de Bayovar:
 - Reducción del precio en mas del 25%
 - Mejor rendimiento agrario: mayor al 100%
 - Mejor rendimiento en la ganadería



Inversiones Requeridas

	Inversiones (Millones de US\$)
Mina	115.00
Planta Roca Fosfórica	150.00
Planta de Acido Fosfórico y DAP	217.00
Puerto	50.00
Infraestructura	68.00
TOTAL:	600.00

Potencial: Complejo Industrial Bayovar



Amoniaco

■ Requerimiento para Bayovar:

- Para 1MMt DAP/año: 230,000t/año
- Equivalente en gas natural: 23 millones de pies cubicos por dia (MMPCD)

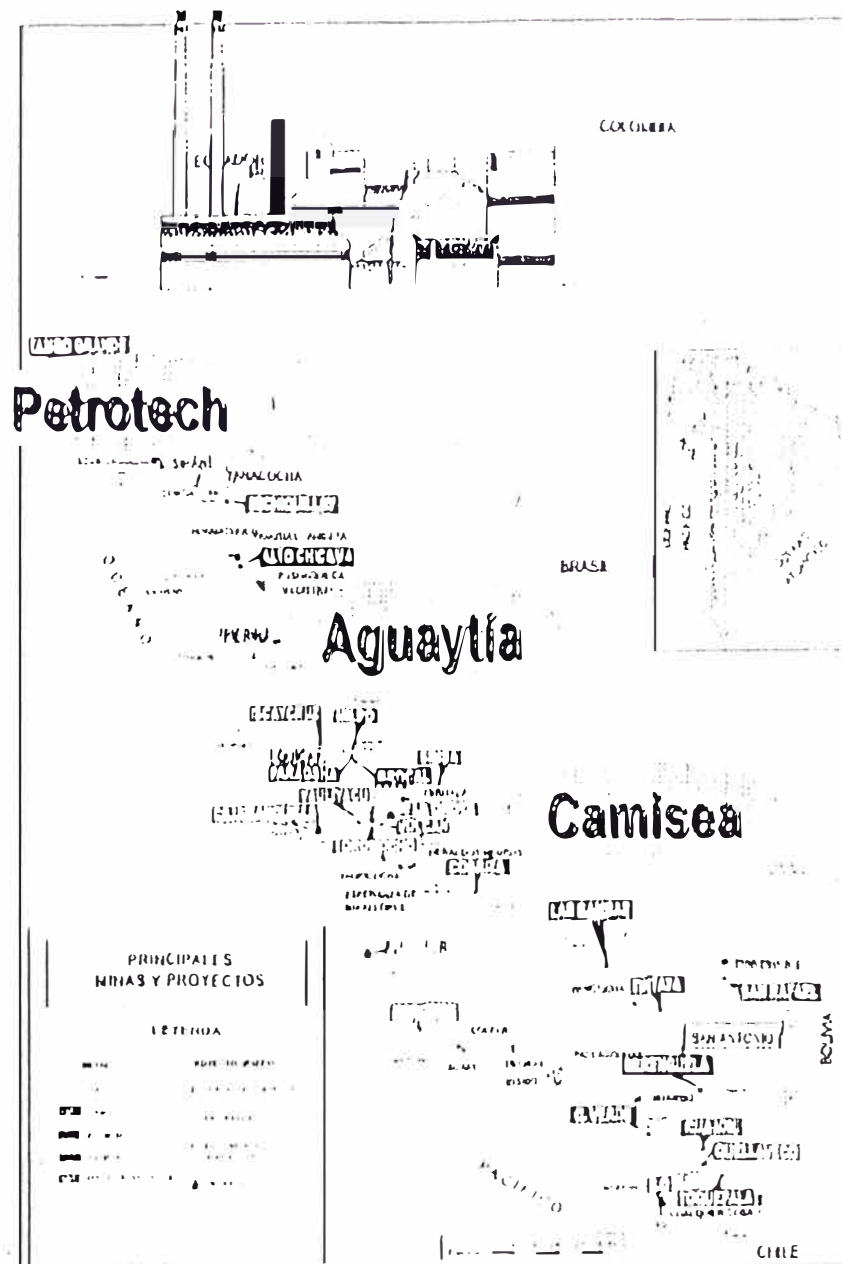
■ Producción nacional de gas natural:

- Producción: 40 MMPCD
- Fuentes: Petrotech (Piura), Aguaytía

■ Futuras fuentes de gas:

- Yacimiento: Camisea (2003)
- Producción: +120 MMPCD

■ Planta de Amoniaco en proyecto (Cañete): 1 millón de TM/año.



Acido Sulfúrico

- Acido sulfúrico requerido en Bayovar: 1.3 MMt/año
- Existe mercado nacional.
- Existe potencial en proyectos:
 - Expansión de plantas existentes
 - Nuevos proyectos en el Norte

	1999	%
PRODUCCION TMF	592,055	100%
- Southern Peru (Ilo) *	315,555	53%
- Doe Run (La Oroya) *	43,508	7%
- Cajamarquilla *	232,992	39%
VENTAS:	LOCAL	EXP. (CHILE)
TM	163,666	428,389
%	28%	72%
PRECIOS (US\$/TM)	40.0	20.0
* PRODUCCIÓN PROYECTADA 2006: 1.5 MMt		

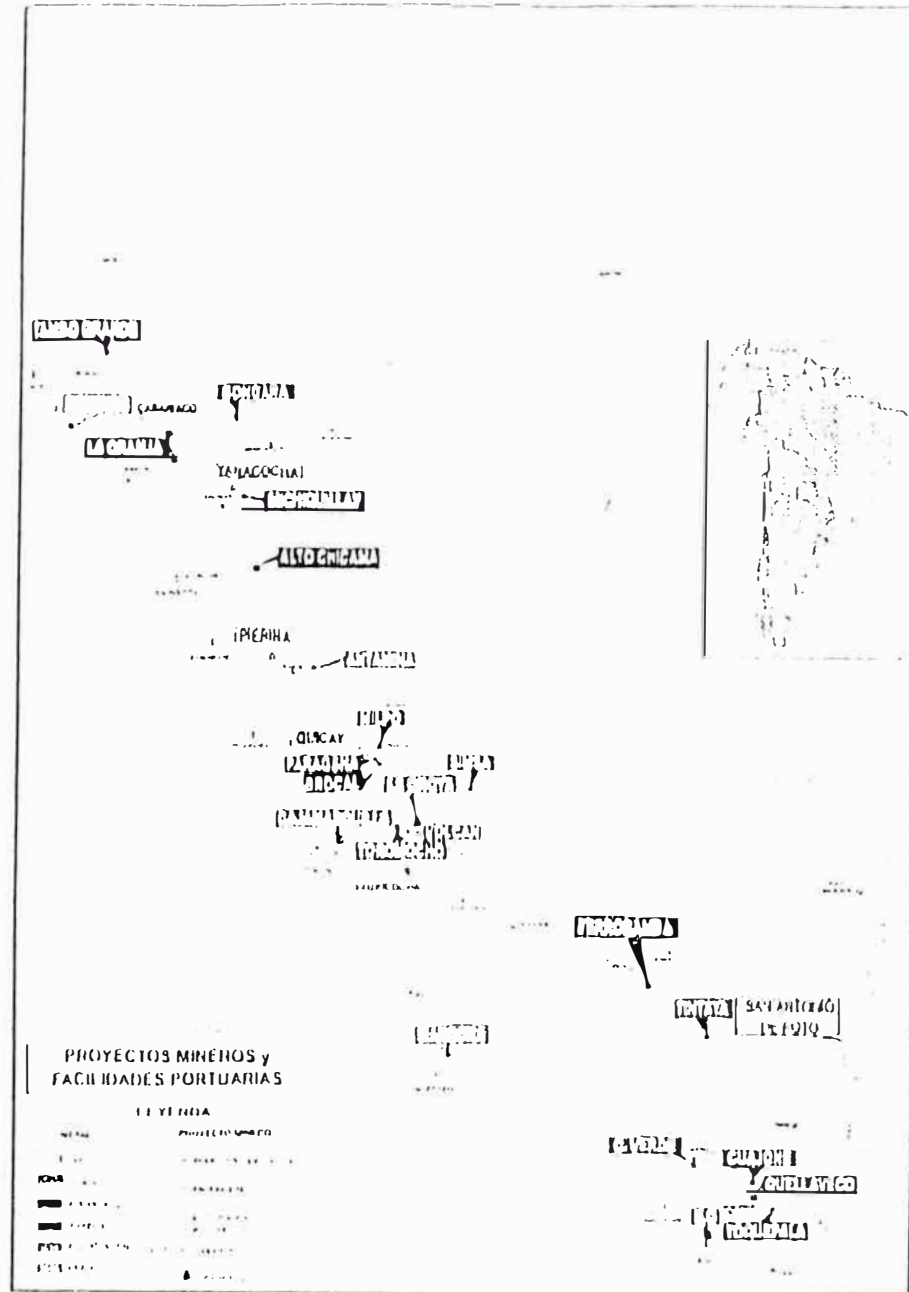


Desarrollo minero en el norte

PROYECTO	METAL	TMF/Año
Tambogrande	Cu, Au, Ag, Zn	100,000
La Granja	Cu	50,000
La Granja II	Cu	250,000
Michiquillay	Cu, Au	200,000
Bongará	Zn	30,000
Calizas, yeso, diatomitas (cemento)		
Otros Cobre/Oro (Jhuamarca, Hualatan, Huaquilla)		

■ Crean sinergia comunes:

- Uso de puerto múltiple
- Posibilidad de construcción de fundición y refinería en el norte (produciría también H₂SO₄)



Puerto

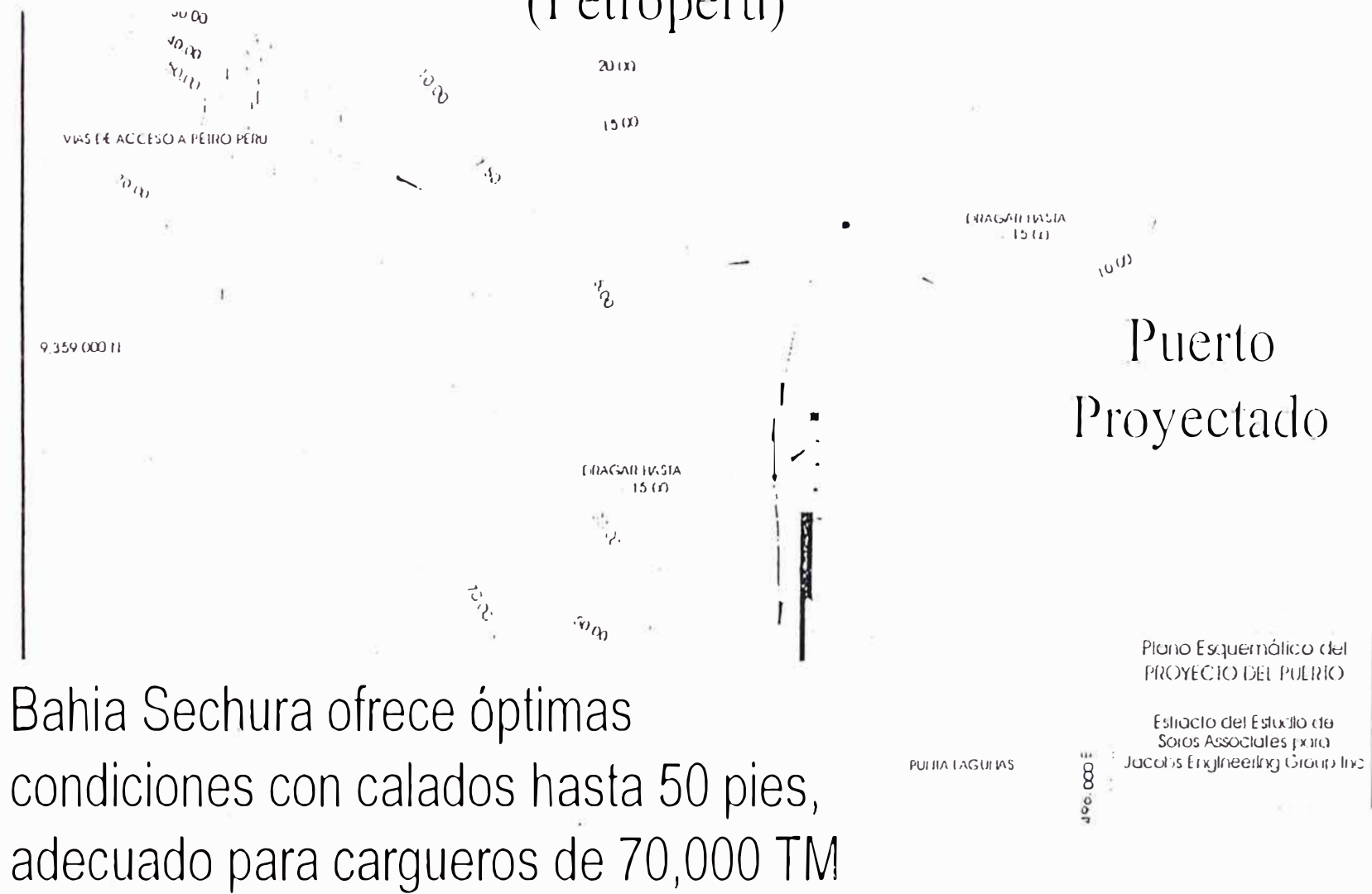


ZONAS	Carga anual (TM*1000)	Puertos
NORTE ACTUAL	650	Paita, Salaverry
NORTE - BAYOVAR	6,000	Proyecto Bayovar
CENTRO NORTE *	1,500	Proyecto Huarmey
CENTRO	9,000	Callao
SUR	4,750	Ilo, Matarani, Marcona

Puerto Bayovar

Puerto Actual (Petroperú)

Puerto Proyectado



Bahia Sechura ofrece óptimas condiciones con calados hasta 50 pies, adecuado para cargueros de 70,000 TM

Plano Esquemático del PROYECTO DEL PUERTO

Extracto del Estudio de Soros Associates para Jacobs Engineering Group Inc

Almacenamiento

■ ALMACENAMIENTO DE SOLIDOS

Producto	Capacidad, TM	Tipo
Roca Fosfórica	70,000	Cubierto
DAP y otros fertilizantes	60,000	Cubierto
Azufre (Opcional)	30,000	Abierto

■ ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS

Producto	Capacidad, TM
Amoníaco (refrigerado)	22,000
Acido Sulfúrico	40,000
Acido Fosfórico	20,000
Combustible	9,000



Suministro de Energía a Bayóvar

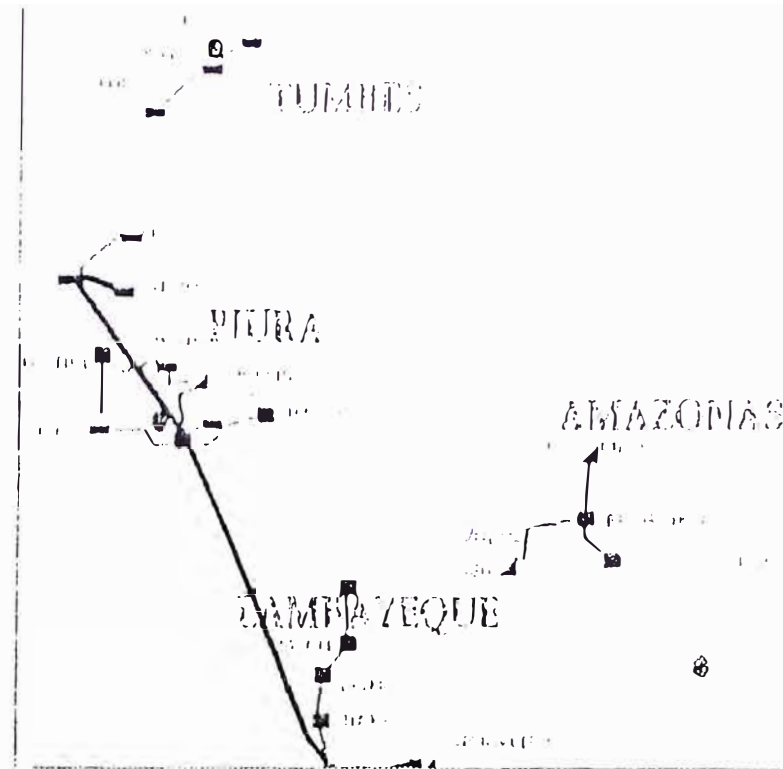
■ Infraestructura Existente:

- Subestación Piura Oeste: 97 km de Bayóvar.
- Chiclayo-Piura, 220 kV: 80 Km. de Bayóvar.
- Piura-La Unión-Sechura-Constante, 60 kV, llega a 37 Km. de Bayóvar.
- Línea en 22,9 kV Constante-Parachique, llega a 28 Km. de Bayóvar.

■ Energía requerida: 45 MW

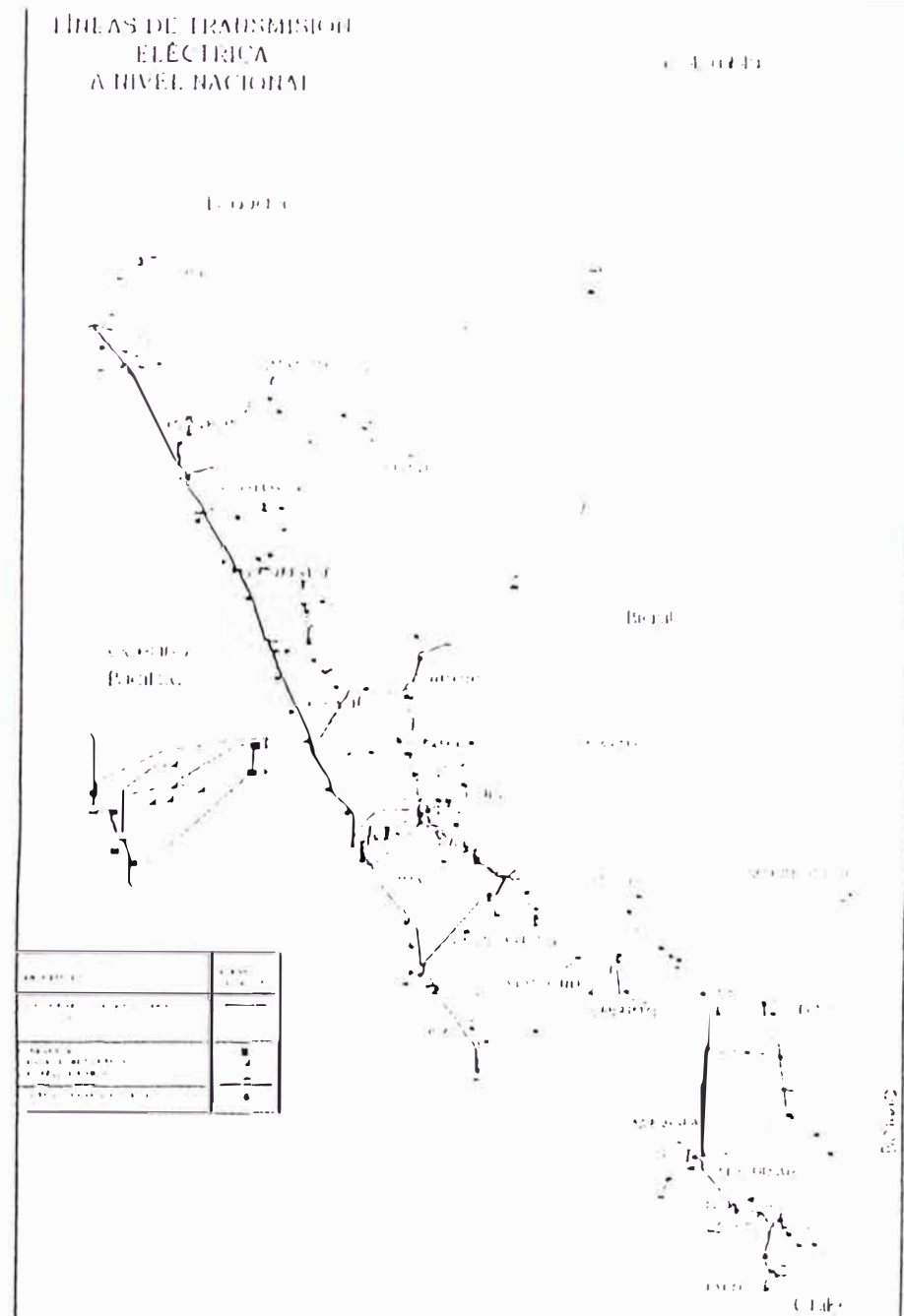
■ Alternativas de Suministro Eléctrico a Bayovar:

- Etapa de Construcción:
 - ◆ Línea 22,9 Kv Parachique-Bayóvar de 28 km, Capacidad: 1,5 MW..
- Etapa de Operación:
 - ◆ Línea Piura-Bayóvar, 220 kV., 97 Km de longitud.



Interconexión nacional

- Setiembre 2000:
 - Inicia operaciones el Sistema Interconectado Nacional
- Existe suficiente capacidad de generación eléctrica para cubrir la demanda interna y el desarrollo de nuevos proyectos.



Conclusiones

- Los recursos de fosfatos de Bayovar presentan:
 - Buena calidad natural: alta solubilidad, apta para aplicación directa y una agricultura ecológica (valor agregado)
 - Estrategia ubicación geográfica
 - Facilidades naturales para complejo industrial
- Desarrollo de proyecto genera grandes sinergias sectoriales: Agro industria, Minería, Petroquímica, Infraestructura (proyectos de irrigación, energía, carreteras, puertos, etc.)
- Existe interés y condiciones favorables en el mercado *El momento es oportuno*

AMMONIA FROM NATURAL GAS BY STEAM REFORMING (ICI "AMV" PROCESS)

LOCATION: U.S. GULF COAST

AMMO

PEP COST INDEX-U.S.: 580

PRICE: 18.7¢/KG

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US ¢/KG

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	¢/KG
RAW MATERIALS			
CATALYSTS AND CHEMICALS			0.29
NATURAL GAS FEED	0.74 ¢/T-CAL	6,350 T-CAL	4.70
NATURAL GAS FUEL	0.74 ¢/T-CAL	1,289 T-CAL	0.95
GROSS RAW MATERIAL COST			5.94
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 ¢/M3	140 M3	0.25
PROCESS WATER	25.84 ¢/M3	1 M3	0.03
ELECTRICITY	3.50 ¢/KWH	132 KWH	0.46
TOTAL			0.74

PROCESS DESCRIPTION:

The continuous process shown below is SRI's concept of ICI's "AMV" process. The base case is for a capacity of 1,200 st/day.

Preheated, desulfurized natural gas, contacted with water in a packed saturator column and with turbine exhaust steam from a air compressor turbine, enters a primary reformer at 538°C and 31.6 atm. The final steam/carbon ratio is 3. The primary reformer product, at 760°C and 29.6 atm is mixed with compressed process air before entering the secondary reformer at 649°C. Exotherm raises the exit temperature to 899°C. Exit pressure is 28.6 atm. Cooling the effluent to 329°C generates HP steam. Two shift stages, high T and low T, are used to convert CO with H₂O to CO₂ and H₂. The shifted stream is cooled to 38°C and passes through a Selexol(R) CO₂ removal system. Scrubbed gas is compressed and methanated. Here, CO and CO₂ are converted to CH₄, leaving residual carbon oxides level in the gas at < 10 ppm. Methanated product (syngas) is cooled, dried, and fed to the NH₃ synthesis system, along with 2 recycle streams. The ammonia converter is a vertical vessel with 3 catalyst beds and a heat transfer surface between the 2nd and 3rd beds. The first recycle is obtained from the converter product after the primary NH₃ removal stage. The second is a hydrogen-enriched stream from the cryogenic processing of a slipstream from the converter feed. All NH₃ recovery in this slipstream is done here. Converter outlet T and P are about 370°C and 82 atm. Cooled converter product is processed for NH₃ recovery in a conventional separation system which uses mechanical refrigeration.

REFERENCE: PEP REVIEW 83-2-1 (SCN)

AMMONIA
THOUSAND TONNES/YR

INVESTMENT, US \$ MILLION*

	300	450	600
BATTERY LIMITS	124.6 (0.76)	169.7 (0.76)	211.2
OFF-SITES	50.6	69.9	88.7
TOTAL FIXED CAPITAL	175.2 (0.77)	239.6 (0.78)	299.9

PRODUCTION COSTS, US ¢/KG

RAW MATERIALS	5.94	5.94	5.94
BY-PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	0.74	0.74	0.74
VARIABLE COSTS	6.68	6.68	6.68
MAINTENANCE MATERIALS	0.62	0.57	0.53
OPERATING SUPPLIES	0.05	0.03	0.03
OPERATING LABOR (6/SHIFT)	9.50	0.34	0.29
MAINTENANCE LABOR	0.62	0.57	0.53
CONTROL LABORATORY	0.10	0.07	0.06
TOTAL DIRECT COSTS	8.57	8.26	8.12
PLANT OVERHEAD	0.98	0.78	0.70
TAXES AND INSURANCE	1.17	1.06	1.00
DEPRECIATION	5.84	5.32	5.00
PLANT GATE COST	16.56	15.42	14.82
G + A, SALES, RES., 3%	0.96	0.89	0.84
PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	17.52	16.31	15.66
AT 75% CAPACITY	21.23	19.62	18.75
AT 50% CAPACITY	28.66	26.24	24.94
PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US ¢/KG			
AT 100% CAPACITY	32.13	29.62	28.15
AT 75% CAPACITY	40.71	37.37	35.40
AT 50% CAPACITY	57.88	52.86	49.92

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.

AMMONIA FROM NATURAL GAS BY STEAM REFORMING (ICI "LCA" PROCESS)

LOCATION: U.S. GULF COAST

AMMON

PEP COST INDEX U.S.: 580

PRICE: 18.7¢/KG

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US ¢/KG

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	¢/KG
RAW MATERIALS			
CATALYSTS			0.43
NATURAL GAS FEED	0.74 ¢/T-CAL	6,678 T-CAL	4.94
NATURAL GAS FUEL	0.74 ¢/T-CAL	883 T-CAL	0.65
GROSS RAW MATERIAL COST			6.02
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 ¢/M ³	76 M ³	0.13
PROCESS WATER	25.84 ¢/M ³	0.42 M ³	0.01
TOTAL			0.14

PROCESS DESCRIPTION:

This continuous process is SRI's version of the ICI "LCA" process, targeted for smaller plants (400-600 t/day). Design features include milder primary reformer conditions (with heat supplied by secondary reformer product gas), single-stage shift reactor, pressure swing adsorption (PSA) system in place of conventional CO₂ separation, and use of electric drives for all compressors. Steam factor = 0.95. Preheated, desulfurized natural gas, contacted with water in a packed saturator column, and mixed with steam to obtain a steam:carbon ratio of 2.5, enters a primary reformer at 427°C. Primary reformer product, at 732°C and 39.5 atm, is mixed with compressed, preheated air and fed to a secondary reformer. Secondary reformer product, at 971°C and 37.4 atm, supplies heat to the primary reformer and is cooled further to 270°C by heat exchange with the primary reformer feed. A single-stage shift system is used to convert CO with H₂O to CO₂ and H₂. The shifted stream is combined with a synthesis purge and fed to a PSA system for the elimination of excess nitrogen, argon, methane, CO₂, and CO. Any residual carbon oxides in the treated syngas are converted to methane in the downstream methanator. Methanated product is cooled, dried, compressed to 81.7 atm, and fed to the NH₃ converter together with recycle syngas. Converter product at 302°C is cooled by steam generation, exchange with converter feed, a cooling water exchanger. The ammonia recovery system entails chilling the converter product against evaporating ammonia refrigerant to condense virtually all the ammonia present, and recycling most of the unconverted gases to the converter via an economizer exchanger.

REFERENCE: PEP REVIEW 89-1-3 (SCN)

PEP YEARBOOK 1989

AMMONIA THOUSAND TONNES/YR		
105	170	340

INVESTMENT, US \$ MILLION*

BATTERY LIMITS	46.1 (0.70)	64.7 (0.75)	108.8
OFF-SITES	26.1	34.7	54.7
TOTAL FIXED CAPITAL			72.2 (0.66) 99.4 (0.72) 163.5

PRODUCTION COSTS, US ¢/KG

RAW MATERIALS	6.02	6.02	6.02
BY-PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	0.14	0.14	0.14
VARIABLE COSTS			6.16 6.16 6.16
MAINTENANCE MATERIALS	0.66	0.57	0.48
OPERATING SUPPLIES	0.14	0.09	0.04
OPERATING LABOR (6/SHIFT)	1.44	0.89	0.44
MAINTENANCE LABOR	0.88	0.76	0.64
CONTROL LABORATORY	0.29	0.18	0.09
TOTAL DIRECT COSTS			9.57 8.65 7.85
PLANT OVERHEAD	2.09	1.46	0.94
TAXES AND INSURANCE	1.38	1.17	0.96
DEPRECIATION	6.89	5.84	4.81
PLANT GATE COST			19.93 17.12 14.56
G & A, SALES, RES., 3%	1.15	0.90	0.82
PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	21.08	18.10	15.38
AT 75% CAPACITY	26.07	22.10	18.47
AT 50% CAPACITY	36.06	30.10	24.66
PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US ¢/KG			
AT 100% CAPACITY	38.30	32.70	27.40
AT 75% CAPACITY	49.03	41.57	34.50
AT 50% CAPACITY	70.50	59.30	48.70

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.

AMMONIA FROM NATURAL GAS BY STEAM REFORMING (M.W. KELLOGG)

LOCATION: U.S. GULF COAST

AME

PEP COST INDEX-U.S.: 580

PRICE: \$0.74/K

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US \$/KG

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	\$/KG
RAW MATERIALS			
CATALYSTS AND CHEMICALS			0.21
NATURAL GAS FEED	0.74 \$/T CAL.	5,928 T-CAL.	4.39
NATURAL GAS FUEL	0.74 \$/T CAL.	1,667 T-CAL.	1.23
GROSS RAW MATERIAL COST			5.83
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 \$/M ³	195 M ³	0.34
PROCESS WATER	25.84 \$/M ³	1.1 M ³	0.03
ELECTRICITY	3.50 \$/KWH	53 KWH	0.19
TOTAL			0.56

PROCESS DESCRIPTION:

Natural gas is reformed over a nickel catalyst in the presence of steam to carbon oxides and hydrogen in two stages. The first stage is carried out in a gas-fired tubular furnace. Enough air is fed in the second stage to provide reaction heat and to supply the nitrogen requirements for synthesis. CO in the reformer gas is shifted to hydrogen in a two-stage shift reaction. CO₂ is then removed by physical absorption, and residual carbon oxides are converted to methane over a nickel catalyst.

Methanated synthesis gas containing hydrogen and nitrogen in a 3:1 molar ratio is compressed in a centrifugal compressor to about 200 atm (2940 psia) and passed over an iron synthesis catalyst. The effluent gas from synthesis contains about 11-15% ammonia, which is recovered by refrigeration, in three or four stages of condensation. A small purge stream is withdrawn from the nearly ammonia-free converter gas and the rest recycled to the synthesis gas compressor. Product ammonia is flashed to atmospheric pressure (-28°F (-33°C)) in two stages. Flashed ammonia is recompressed to about 230 psia (15.6 atm) and cooled to about 100°F (38°C) for liquefaction. It is then flashed to atmospheric pressure in three or four stages. Liquid from the flash vessels is used to condense ammonia from the converter gases. Product yield on methane (natural gas) is 81.2%.

Low energy consumption is featured in recent journals. Several contractors offer plants with feedstock and fuel requirements of about 25 mm Btu/short ton (LHV basis). This process is similar to one version of a Kellogg design.

REFERENCE: PEP REPORT 44, P. 49-119; 44A, P. 13-33 (KEL)

AMMONIA
THOUSAND TONNES/YR

INVESTMENT, US \$ MILLION*

	300	450	600
BATTERY LIMITS	145.0 (0.76)	197.4 (0.76)	245.7
OFF-SITES	57.3	80.3	101.9
TOTAL FIXED CAPITAL	202.3 (0.78)	277.7 (0.78)	347.6

PRODUCTION COSTS, US \$/KG

RAW MATERIALS	5.83	5.83	5.83
BY-PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	0.56	0.56	0.56
VARIABLE COSTS	6.39	6.39	6.39
MAINTENANCE MATERIALS	0.87	0.79	0.74
OPERATING SUPPLIES	0.03	0.03	0.03
OPERATING LABOR (5/SHEET)	0.34	0.28	0.25
MAINTENANCE LABOR	0.58	0.53	0.49
CONTROL LABORATORY	0.07	0.06	0.05
TOTAL DIRECT COSTS	8.28	8.08	7.95
PLANT OVERHEAD	0.79	0.70	0.63
TAXES AND INSURANCE	1.35	1.23	1.16
DEPRECIATION	6.75	6.17	5.79
PLANT GATE COST	17.17	16.18	15.53
G + A, SALES, RES., 3%	1.05	0.98	0.93
PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	18.22	17.16	16.46
AT 75% CAPACITY	22.24	20.82	19.89
AT 50% CAPACITY	30.27	28.15	26.75

PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US \$/KG

AT 100% CAPACITY	35.09	32.59	30.94
AT 75% CAPACITY	44.73	41.39	39.20
AT 50% CAPACITY	64.01	59.01	55.71

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.

AMMONIA FROM NATURAL GAS BY STEAM REFORMING (M. W. KELLOGG'S IMPROVED PROCESS; KAAP-KREB)

LOCATION: U.S. GULF COAST
PEP COST INDEX U.S.: 580

AMMONIA PRICE: 18.7¢/KG

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US ¢/KG

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	¢/KG
RAW MATERIALS			
CATALYSTS AND CHEMICALS			0.44
NATURAL GAS FEED	0.74 ¢/T-CAL.	6,500 T-CAL.	4.81
GROSS RAW MATERIAL COST			5.25
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 ¢/M3	150 M3	0.27
PROCESS WATER	25.84 ¢/M3	1.3 M3	0.03
ELECTRICITY	3.50 ¢/KWH	88 KWH	0.31
NATURAL GAS	0.74 ¢/T-CAL.	1,511 T-CAL.	1.12
TOTAL			1.73

PROCESS DESCRIPTION:

Natural gas feedstock is desulfurized on zinc oxide beds, mixed with medium pressure steam, and preheated against the raw syngas product. The mixture is split into two streams, with a major proportion (70%) going to the autothermal reformer and the balance to the endothermic reformer. Enriched air (29.8 vol% O₂) is compressed, preheated in a furnace, and then blended with the feed to the autothermal reformer, from which the product at 1010°C is sent to the shell side of the endothermic reformer to provide the heat.

The raw ammonia syngas from the reformer system is cooled to 316°C and fed to the CO shift system, which comprises two reaction stages with an intercooler. CO₂ is separated from the shifted syngas in an absorption system based on activated aqueous K₂CO₃ solvent. The treated syngas reacts in a methanator to convert residual carbon oxides to methane.

The basic designs of the ammonia synthesis loop and the product recovery stages are similar to conventional technology. The converter is of the radial flow type and comprises four catalyst beds with intercoolers in a single shell. Standard iron-based catalyst is used in the first bed and a more active Ru-based catalyst is used in the other three beds of the converter. The crude converter product is processed in a refrigerative ammonia recovery system. Most of the ammonia product is recovered from the chilling of the main converter product. A major proportion of the uncondensed gases are recycled to the converter and the balance is fed to a cryogenic separation system, which separates the mixture into a hydrogen-rich recycle, a purge to fuel, and further liquefied ammonia product.

REFERENCE: PEP REVIEW 93-1-4 (SCN)

AMMONIA		
THOUSAND TONNES/YR		
165	330	660

INVESTMENT, US \$ MILLION*

BATTERY LIMITS	70.9 (0.72)	116.8 (0.78)	200.5
OFF-SITES	31.1	49.0	78.2
TOTAL FIXED CAPITAL			102.0 (0.70) 165.8 (0.75) 278.7

PRODUCTION COSTS, US ¢/KG

RAW MATERIALS	5.25	5.25	5.25
BY-PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	1.73	1.73	1.73
VARIABLE COSTS			6.98 6.98 6.98

MAINTENANCE MATERIALS	0.64	0.53	0.46
OPERATING SUPPLIES	0.09	0.05	0.03
OPERATING LABOR (¢/SHIFT)	0.92	0.46	0.27
MAINTENANCE LABOR	0.86	0.71	0.61
CONTROL LABORATORY	0.18	0.09	0.05
TOTAL DIRECT COSTS			9.67 8.82 8.40

PLANT OVERHEAD	1.57	1.01	0.74
TAXES AND INSURANCE	1.24	1.00	0.84
DEPRECIATION	6.18	5.02	4.22

PLANT GATE COST	18.66	15.85	14.20
-----------------	-------	-------	-------

G + A, SALES, RES., 3%	1.05	0.88	0.77
------------------------	------	------	------

PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	19.71	16.73	14.97
AT 75% CAPACITY	24.18	20.21	17.86
AT 50% CAPACITY	33.13	27.17	23.65

PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROT BEFORE TAXES), US ¢/KG

AT 100% CAPACITY	35.16	29.28	25.53
AT 75% CAPACITY	44.78	36.94	31.94
AT 50% CAPACITY	64.03	52.27	44.77

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.

AMMONIUM NITRATE FERTILIZER (34-0-0) HIGH DENSITY PRILLS

LOCATION: U.S. GULF COAST
 PEP COST INDEX U.S.: 580

AMMONIUM NITRATE FERT.
 PRICE: 16.5¢/KG

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US ¢/KG

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	¢/KG
RAW MATERIALS			
AMINE OIL	3.263 \$/KG	0.002 TONNES	0.65
AMMONIA	18.7 ¢/KG	0.208 TONNES	3.89
NITRIC ACID (IN 60%)	23.1 ¢/KG	0.7686 TONNES	17.75
POWDERED LIMESTONE	9.66 ¢/KG	0.031 TONNES	0.30
SULFURIC ACID	5.07 ¢/KG	0.011 TONNES	0.06
GROSS RAW MATERIAL COST			22.65
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 ¢/M ³	1.5 M ³	0.00
STEAM	7.91 \$/TONNE	0.12 TONNES	0.10
ELECTRICITY	3.50 ¢/KWH	42 KWH	0.15
TOTAL			0.25

PROCESS DESCRIPTION:

Nitric acid (60%) is contacted with ammonia vapor in a loop reactor. The reaction heat vaporizes part of the water, resulting in a 70% ammonium nitrate solution. After vacuum concentration, the resulting 99.7% ammonium nitrate solution (melt) is mixed with powdered limestone or clay and fed to a prilling tower. Sulfuric acid added to the reactor produces a modified crystal lattice that resists powdering. The prills are cooled, screened, coated with amine oil and sent to storage. All water evaporated is scrubbed or distilled to recover ammonia for recycle. Air from the prilling tower is scrubbed to remove ammonium nitrate dust.

The yield is about 98% of theoretical. This process is based on Stamicarbon technology which is licensed worldwide.

Nitric acid cost and consumptions are given on a 100% HNO₃ basis.

REFERENCE: PEP REPORT 127A1, P. 37-63 (JLC)

AMMONIUM NITRATE FERT.
 THOUSAND TONNES/YR

	177.5	355	710
INVESTMENT, US \$ MILLION*			
BATTERY LIMITS OFF-SITES	17.8 (0.61)	27.1 (0.76)	45.9
TOTAL FIXED CAPITAL	35.7 (0.65)	56.1 (0.81)	98.2
PRODUCTION COSTS, US ¢/KG			
RAW MATERIALS	22.65	22.65	22.65
BY-PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	0.25	0.25	0.25
VARIABLE COSTS	22.90	22.90	22.90
MAINTENANCE MATERIALS	0.30	0.23	0.19
OPERATING SUPPLIES	0.10	0.05	0.04
OPERATING LABOR (7/SHIFT)	0.99	0.50	0.35
MAINTENANCE LABOR	0.30	0.23	0.19
CONTROL LABORATORY	0.20	0.10	0.07
TOTAL DIRECT COSTS	24.79	24.01	23.74
PLANT OVERHEAD	1.19	0.66	0.49
TAXES AND INSURANCE	0.40	0.32	0.28
DEPRECIATION	2.01	1.58	1.38
PLANT GATE COST	28.39	26.57	25.89
G & A, SALES, RES., 5%	1.76	1.61	1.54
PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	30.15	28.18	27.43
AT 75% CAPACITY	32.60	29.97	28.97
AT 50% CAPACITY	37.50	33.56	32.06
PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US ¢/KG			
AT 100% CAPACITY	35.18	32.13	30.89
AT 75% CAPACITY	39.31	35.24	33.58
AT 50% CAPACITY	47.56	41.46	38.98

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.

UREA, AGRICULTURAL GRADE, BY THE MITSUI TOATSU PROCESS

LOCATION: U.S. GULF COAST

UREA, AGRICULTURAL GR

PEP COST INDEX-U.S.: 580

PRICE: 20.5¢/KG

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US ¢/KG PRILLS

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	¢/KG
RAW MATERIALS			
AMMONIA	18.7 ¢/KG	0.57 TONNES	10.66
CARBON DIOXIDE	0 ¢/KG	0.75 TONNES	0.00
GROSS RAW MATERIAL COST			10.66
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 ¢/M ³	88 M ³	0.15
STEAM	7.91 ¢/TONNE	1.1 TONNES	0.87
ELECTRICITY	3.50 ¢/KWH	22 KWH	0.08
TOTAL			1.10

PROCESS DESCRIPTION:

Carbon dioxide gas is compressed to about 3600 psi (244 atm) and is fed with liquid ammonia and an aqueous recycle stream containing ammonia, ammonium carbamate, and carbon dioxide to the bottom of the reactor. The reactor is operated adiabatically and the exothermic heat of reaction brings the reactor contents to about 390°F (200°C). The reactor effluent is reduced in pressure and heat stripped and CO₂ stripped in two steps to recover excess ammonia and to decompose the ammonium carbamate to ammonia and carbon dioxide. Urea melt is recovered from the aqueous solution by vacuum concentration and evaporation. The urea melt is fed to a prilling tower. The prilling tower air is scrubbed and the process condensate is treated to remove ammonia. Urea product contains 0.8% biuret.

The yield of urea based on ammonia is over 99% of theoretical. The process is similar to one version of the Mitsui Toatsu process called "simplified C-improved".

REFERENCE: PEP REPORT 56A, P. 105-135 (JLC)

UREA, AGRICULTURAL GRADE
THOUSAND TONNES/YR PRILLS

	225	450	900
INVESTMENT, US \$ MILLION*			
BATTERY LIMITS	37.6 (0.62)	57.8 (0.64)	90.0
OFF-SITES	29.3	43.7	77.1
TOTAL FIXED CAPITAL	66.9 (0.60)	101.5 (0.72)	167.1
PRODUCTION COSTS, US ¢/KG			
RAW MATERIALS	10.66	10.66	10.66
BY-PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	1.10	1.10	1.10
VARIABLE COSTS	11.76	11.76	11.76
MAINTENANCE MATERIALS	0.50	0.39	0.30
OPERATING SUPPLIES	0.06	0.03	0.01
OPERATING LABOR (5/SHIFT)	0.56	0.28	0.14
MAINTENANCE LABOR	0.50	0.39	0.30
CONTROL LABORATORY	0.11	0.06	0.03
TOTAL DIRECT COSTS	13.49	12.91	12.54
PLANT OVERHEAD	0.94	0.58	0.38
TAXES AND INSURANCE	0.59	0.45	0.37
DEPRECIATION	2.97	2.25	1.86
PLANT GATE COST	17.99	16.19	15.15
G + A, SALES, RES., 5 %	1.34	1.15	1.04
PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	19.33	17.34	16.19
AT 75% CAPACITY	22.00	19.35	17.81
AT 50% CAPACITY	27.34	23.36	21.06
PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US ¢/KG			
AT 100% CAPACITY	26.77	22.98	20.83
AT 75% CAPACITY	31.92	26.87	24.00
AT 50% CAPACITY	42.22	34.64	30.34

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.

UREA, AGRICULTURAL GRADE BY THE ISOBARIC DOUBLE RECYCLE PROCESS

LOCATION: U.S. GULF COAST
PEP COST INDEX-U.S.: 580

UREA, AGRICULTURAL GRADE
PRICE: 20.5¢/K

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US ¢/KG PRILLS

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	¢/KG
RAW MATERIALS			
AMMONIA	18.7 ¢/KG	0.57 TONNES	10.66
CARBON DIOXIDE	0 ¢/KG	0.74142 TONNES	0.00
GROSS RAW MATERIAL COST			10.66
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 ¢/M3	38 M3	0.07
STEAM	7.91 ¢/TONNE	0.98 TONNES	0.78
PROCESS WATER	25.84 ¢/M3	0.17 M3	0.00
ELECTRICITY	3.50 ¢/KWH	161 KWH	0.56
TOTAL			1.41

PROCESS DESCRIPTION:

The continuous process shown below is SRI's design, based on a patent assigned to, brochure by, and a technical article by Montedison, who offer this process for licensing. Carbon dioxide, ammonia, and a small amount of air (for passivation of ss equipment) feed a reactor loop which operates at 193.6 atm. The reactor is a 2-section column with 10 sieve trays and operates at 190°C. Urea solution from the lower reactor section is stripped of carbamate by ammonia in a thin film decomposer heat exchanger. Stripped urea solution enters a thin film heater-stripper where CO₂ and heat strip off ammonia and some remaining carbamate. Urea-rich solution from this heater-stripper leaves the reactor loop. Circulation in this loop is maintained by vaporization, condensation, and gravity flow, without pumps. Urea-rich solution from this loop is reduced in pressure and feeds 2 exchangers in series. Here, most of the remaining CO₂ and ammonia is removed by heat. The stripped solution flows to a 2-stage vacuum evaporator for concentration from a 75% solution to a 99.8% melt. The melt is pumped to prilling towers, and the prills are removed by a conveyor, screened for size limitation, and sent to storage. Product yields on ammonia and CO₂ are 98.6% and 98.2%, respectively.

REFERENCE: PEP REVIEW 90-2-2 (MKG)

UREA, AGRICULTURAL GRADE THOUSAND TONNES/YR PRILLS

INVESTMENT, US \$ MILLION*

	225	450	900
BATTERY LIMITS	55.2 (0.70)	89.7 (0.81)	157.3
OFF-SITES	29.4	48.8	87.1
TOTAL FIXED CAPITAL	84.6 (0.71)	138.5 (0.82)	244.4

PRODUCTION COSTS, US ¢/KG

RAW MATERIALS	10.66	10.66	10.66
BY PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	1.41	1.41	1.41
VARIABLE COSTS	12.07	12.07	12.07
MAINTENANCE MATERIALS	0.59	0.48	0.42
OPERATING SUPPLIES	0.05	0.02	0.02
OPERATING LABOR (4/SHIFT)	0.45	0.22	0.17
MAINTENANCE LABOR	0.39	0.32	0.28
CONTROL LABORATORY	0.09	0.04	0.03
TOTAL DIRECT COSTS	13.64	13.15	12.99
PLANT OVERHEAD	0.74	0.16	0.38
TAXES AND INSURANCE	0.75	0.62	0.54
DEPRECIATION	3.76	3.08	2.72
PLANT GATE COST	18.89	17.31	16.63
G + A, SALES, RES., 5%	1.49	1.32	1.23
PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	20.38	18.63	17.86
AT 75% CAPACITY	23.34	21.00	19.98
AT 50% CAPACITY	29.25	25.75	24.21
PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US ¢/KG			
AT 100% CAPACITY	29.78	26.32	24.65
AT 75% CAPACITY	35.87	31.25	29.03
AT 50% CAPACITY	48.05	41.11	37.79

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.

UREA, AGRICULTURAL GRADE, BY THE STAMICARBON PROCESS

LOCATION: U.S. GULF COAST
 PEP COST INDEX-U.S.: 580

UREA, AGRICULTURAL GR
 PRICE: 30.5¢/KG

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US ¢/KG PRILLS

	UNIT COST	CONSUMPTION/TONNE	¢/KG
RAW MATERIALS			
AMMONIA	18.7 ¢/KG	0.57 TONNES	10.66
CARBON DIOXIDE	0 ¢/KG	0.755 TONNES	0.00
GROSS RAW MATERIAL COST			10.66
UTILITIES			
COOLING WATER	1.76 ¢/M3	78 M3	0.14
STEAM	7.91 ¢/TONNE	0.93 TONNES	0.74
PROCESS WATER	25.84 ¢/M3	0.08 M3	0.00
ELECTRICITY	3.50 ¢/KWH	22 KWH	0.08
TOTAL			0.96

PROCESS DESCRIPTION:

Carbon dioxide gas is compressed to about 2000 psia (138 atm) and is fed near the bottom of a high pressure stripper. The effluent from the urea synthesis reactor operated at 2000 psia (138 atm) is fed near the top of the stripper. The off-gas from the top of the stripper is fed to a condenser. Liquid ammonia fresh feed is also fed to the condenser. Ammonium carbamate is formed in the condenser, and the heat that is released is used to generate 60 psia (4 atm) steam. The process-side effluent from the condenser is fed to the bottom of the reactor along with a small recycle stream that contains ammonium carbamate. The effluent from the bottom of the stripper (product stream) is fed to a low pressure decomposer to remove unconverted components from the urea. The resulting urea solution is concentrated in a two-stage vacuum concentrator to 99.7% urea. The urea is then fed to a prilling tower. The prilling tower air is scrubbed and the process condensate is treated to remove urea and ammonia. Urea product contains 0.8% biuret. The yield of urea based on ammonia is over 99% of theoretical. The process is similar to the widely-used Stamicarbon CO2 stripping process.

REFERENCE: PEP REPORT 56A, P. 49-76 (JLC)

UREA, AGRICULTURAL GRADE
 THOUSAND TONNES/YR PRILLS

	225	450	900
INVESTMENT, US \$ MILLION*			
BATTERY LIMITS	34.9 (0.64)	54.3 (0.67)	86.4
OFF-SITES	25.8	43.0	76.0
TOTAL FIXED CAPITAL			
	60.7 (0.88)	97.3 (0.74)	162.4
PRODUCTION COSTS, US ¢/KG			
RAW MATERIALS	10.66	10.66	10.66
BY-PRODUCT CREDITS	0.00	0.00	0.00
UTILITIES	0.96	0.96	0.96
VARIABLE COSTS			
	11.62	11.62	11.62
MAINTENANCE MATERIALS	0.46	0.36	0.29
OPERATING SUPPLIES	0.06	0.03	0.02
OPERATING LABOR (5/SHEET)	0.56	0.28	0.17
MAINTENANCE LABOR	0.46	0.36	0.29
CONTROL LABORATORY	0.11	0.06	0.03
TOTAL DIRECT COSTS			
	13.27	12.71	12.42
PLANT OVERHEAD	0.90	0.56	0.39
TAXES AND INSURANCE	0.54	0.43	0.36
DEPRECIATION	2.70	2.16	1.80
PLANT GATE COST			
	17.41	15.86	14.97
G + A, SALES, RES., 5 %	1.27	1.12	1.03
PRODUCTION COSTS			
AT 100% CAPACITY	18.68	16.98	16.00
AT 75% CAPACITY	21.16	18.89	17.59
AT 50% CAPACITY	26.12	22.72	20.76
PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US ¢/KG			
AT 100% CAPACITY	25.42	22.38	20.51
AT 75% CAPACITY	30.15	26.09	23.60
AT 50% CAPACITY	39.60	33.52	29.78

* INCLUDES 25 PERCENT CONTINGENCY.