

Nº 113  
251



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION  
DE UNA PLANTA DE UREA EN MEXICO"

T E S I S  
Que para obtener el Título de :  
I N G E N I E R O Q U I M I C O  
P r e s e n t a :  
MARIA ANDREA SANDOVAL CRUZ  
México, D.F. 1992

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

JURADO ASIGNADO:

EXAMENES DE INGENIERIA  
FAC. DE CIENCIAS

PRESIDENTE: PROF. EDUARDO ROJO Y DE REGIL  
VOCAL: PROF. JOSE FRANCISCO GUERRA RECASENS  
SECRETARIO: PROF. MARIA DEL CARMEN DURAN DOMINGUEZ DE BAZUA  
1ER. SUPLENTE: PROF. ARNAUD ROMAN HUERTA  
2DO. SUPLENTE: PROF. EMILIO M. PRADAL ROA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: FERTIMEX, S.A.

ASESOR: DRA. MARIA DEL CARMEN DURAN DOMINGUEZ DE BAZUA

SUPERVISOR TECNICO: I.Q. JOSE LUIS ANZO ABARCA

SUSTENTANTE: MARIA ANDREA SANDOVAL CRUZ

*Maria del Carmen Duran Dominguez de Bazua*  
*Jose Luis Anzo Abarca*  
*Maria Andrea Sandoval Cruz*

## INDICE

	<u>PAGINA</u>
1. <b><u>INTRODUCCION</u></b>	1
2. <b><u>ESTUDIO DE MERCADO</u></b>	5
2.1. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO	5
2.2. DEMANDA	5
2.2.1. Comportamiento Histórico	5
2.2.2. Distribución Geográfica de la demanda	7
2.2.3. Proyección de la demanda	7
2.3. OFERTA	8
2.3.1. Comportamiento Histórico	8
2.3.2. Distribución Geográfica de la Capacidad Instalada	9
2.3.3. Tendencia Futura de la Oferta	9
2.4. BALANCE OFERTA-DEMANDA	10
2.5. SITUACION DE LAS MATERIAS PRIMAS	10
2.5.1. Amoníaco	11
2.5.2. Bióxido de Carbono	11
2.6. PRECIOS	12
2.6.1. Precios en el Mercado Nacional	12
2.6.2. Precios en el Mercado Internacional	13
2.7. COMERCIALIZACION	15
2.8. MERCADO ESPECIFICO	16
3. <b><u>ASPECTOS TECNICOS</u></b>	18
3.1. TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE LA PLANTA DE UREA	18
3.1.1. Tecnología Seleccionada	18
3.1.2. Especificaciones técnicas y calidades esperadas	20
3.1.3. Descripción del proceso	21
3.1.4. Control de la Contaminación Ambiental	25
3.1.5. Consumo de materias primas y servicios	26
3.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA DE UREA	27

3.3.	TAMAÑO DE LA PLANTA DE UREA	29
3.4.	ESTIMADO DE INVERSION	30
3.4.1.	Planta de urea	30
3.4.1.1.	Equipo y refacciones entregados en el sitio del proyecto	30
3.4.1.2.	Licencias y servicios de ingeniería	30
3.4.1.3.	Administración del proyecto y seguros	31
3.4.1.4.	Preparación del terreno, obra civil e instalación	31
3.4.1.5.	Gastos de arranque	31
3.4.1.6.	Infraestructura	31
3.4.1.7.	Imprevistos	31
3.4.1.8.	Intereses durante la construcción	32
3.4.1.9.	Capital de trabajo	32
3.4.2.	Planta de amoníaco	32
3.5.	COSTOS DE PRODUCCION	33
3.5.1.	Planta de amoníaco	33
3.5.1.1.	Materias primas	33
3.5.1.2.	Mano de obra	33
3.5.1.3.	Gastos directos	33
3.5.1.4.	Servicios auxiliares	33
3.5.1.5.	Gastos indirectos	34
3.5.1.6.	Depreciación	34
3.5.1.7.	Costos de producción a capacidad variable	34
3.5.2.	Planta de urea	35
3.5.2.1.	Materias primas	35
3.5.2.2.	Mano de obra	36
3.5.2.3.	Gastos directos	36
3.5.2.4.	Servicios auxiliares	36
3.5.2.5.	Gastos indirectos	37
3.5.2.6.	Depreciación y amortización	37
3.5.2.7.	Costos de producción a capacidad variable	37
3.6.	PROGRAMA DE REALIZACION	38
4.	ESTUDIO FINANCIERO	39
4.1.	ESTADO DE RESULTADOS	39
4.1.1.	Determinación de los ingresos	39
4.1.2.	Costos de producción	40
4.1.3.	Gastos totales	40
4.1.4.	Utilidades	40

<b>5.</b>	<b>ESTUDIO ECONOMICO</b>	<b>42</b>
5.1.	INGRESOS TOTALES	42
5.2.	GASTOS TOTALES	42
5.3.	FLUJO DE EFECTIVO	43
5.3.1.	Tasa interna de retorno	43
5.4.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD	43
<b>6.</b>	<b>RESUMEN Y CONCLUSIONES</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>53</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXO ESTADISTICO</b>	<b>54</b>
	Relación de figuras	55
	Relación de cuadros	65

## 1. INTRODUCCION

La urea es un sólido blanco cristalino con propiedades higroscópicas (capacidad de absorber humedad); para su empleo como fertilizante se maneja en forma de perdigones (pequeñas esferas irregulares), escamas, cristales o gránulos ordinarios; para usos no fertilizantes las presentaciones pueden variar de acuerdo a su destino final.

Haciendo un poco de historia se puede mencionar que la urea fue el primer compuesto orgánico obtenido sintéticamente (1), este hecho ocurrió en 1828 y fue llevado a cabo por Wholer. Sin embargo, tuvo que transcurrir casi un siglo para que comenzara la fabricación comercial de este producto, lo cual sucedió en 1922 en Alemania, en 1932 en Estados Unidos de Norteamérica y en 1935 en Inglaterra.

El desarrollo tanto de su producción como de su consumo, se vio frenado en sus inicios por los altos costos de elaboración y la lentitud de los procesos, así como por las dudas que se abrigaban acerca de su efectividad agronómica.

El método por el cual se produce actualmente la urea fue patentado en 1922 por I. G. Farbenindustrie de Alemania y consiste básicamente en la reacción entre bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Esto se lleva a cabo mediante una variedad de procesos que han ido apareciendo conforme al avance tecnológico mundial, y difieren fundamentalmente, en la manera de aislar la urea en el paso final de producción, en la presentación del fertilizante y en la eficiencia del uso de la energía en el proceso en sí.

En la actualidad, los procesos más generalizados ofrecidos por las diversas compañías inventoras y licenciadoras son: Stamicarbon, Snamprogetti, Mitsui Toatsu, Montedison, Toyo Engineering Corp., Lonza Lummus y Ammonia Casale, entre otras.

De todos los fertilizantes nitrogenados, la urea es el producto que más desarrollo ha tenido durante las dos últimas décadas en cuanto a consumo y producción; y es también el de mayor comercialización a nivel mundial; en este lapso ha superado por mucho las capacidades instaladas de los otros dos fertilizantes nitrogenados sólidos de mayor importancia que son el sulfato de amonio y el nitrato de amonio.

---

(1) Esto marcó el inicio de la química orgánica sintética.

Actualmente la tercera parte del total de nitrógeno fabricado es en forma de urea y en cuanto a comercio internacional participa con el 50% del total de las exportaciones.

**CAPACIDAD INSTALADA**  
(Millones de toneladas de nitrógeno)

	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio
1973	16	16	6.0
1985	35	20	6.2

Entre las razones que han motivado este comportamiento se encuentran:

- su alto contenido de nitrógeno equivalente al 46% por unidad de peso
- menores costos de transportación derivados de su fácil manejo
- la relativa facilidad en su aplicación
- su empleo como intermedio en la fabricación de fertilizantes compuestos
- su uso en otras ramas industriales

Muchas de las razones anteriores redundan en una mayor rentabilidad a la inversión en fertilizantes por parte del agricultor. La experiencia adquirida principalmente en los Estados Unidos y Países Asiáticos ha demostrado que las cualidades agronómicas de la urea son satisfactorias, fundamentalmente para el cultivo de arroz, algodón, sorgo, maíz y caña de azúcar; recientemente su uso se ha ampliado en muchos países y en varios cultivos más. Las formas de aplicación más utilizadas en el campo son: directamente al suelo, disolviéndola en el agua de riego o como solución, contenida en fertilizantes compuestos sea en forma de mezclas físicas o químicas y distribuida en forma de rocío al foliaje; ventajas de las que no goza, por ejemplo, el amoniaco anhidro cuya aplicación es más sofisticada.

Los usos no fertilizantes de la urea son como suplemento para alimentación de ganado (cuya función es cubrir parte de las necesidades de proteínas) y como intermedio en varios procesos químicos principalmente en el campo de los adhesivos y resinas, y en el tratamiento de papel y telas. La mayor parte de la urea

técnica (como es llamada también cuando no se destina al agro), se emplea en algunos países de mercados desarrollados; se estima que el 60% del consumo total de este tipo de producto se lleva a cabo en Norteamérica y Europa Occidental, el 20% en Europa Oriental, el 15% en países desarrollados de Asia y el restante 5% está diseminado en diferentes partes del mundo. Se considera que su demanda tendrá poco desarrollo en el futuro, debido a las sobrecapacidades existentes en la actualidad y a que en este tipo de uso, la urea es más vulnerable a etapas recesivas y a la competencia con otros.

La fabricación de urea en México se remonta al año de 1962, con la puesta en marcha de una planta de 25 mil toneladas de nitrógeno por año en el sur del Estado de Veracruz; posteriormente, en 1963, 1968 y 1971, se arrancaron otras tres plantas que elevaron la capacidad nacional hasta cerca de 200 mil toneladas de nitrógeno por año.

A lo largo de la década de los 70's, este potencial productivo se mantuvo en ese nivel, siendo en 1980 cuando se materializó un importante programa de expansión en el cual se venía trabajando desde tiempo atrás: en tan sólo cinco años se cuadruplicó la capacidad instalada para llegar a la cifra actual de 806 mil toneladas de nitrógeno por año. Esto último se debió a la puesta en operación de tres plantas de escala mundial, una en el centro del país y dos en la zona del Istmo de Tehuantepec.

La importante ampliación del potencial productivo de urea en el inicio de los 80's fue impulsada por el crecimiento sostenido en la demanda que se presentó principalmente desde 1974; y el afán de disminuir las importaciones que evolucionaron también de tal forma que llegaron a representar casi el 40% del consumo doméstico.

De 1974 a 1985 la producción creció a una tasa media anual del 13.6% pasando de 155 mil toneladas a 628 mil toneladas de nitrógeno; la eficiencia de las plantas en ese periodo fue en promedio de 76.5%.

La demanda, por su parte, aumentó de 140 mil toneladas a 642 mil toneladas de nitrógeno, registrando una tasa media de crecimiento anual del 14.8%, un ritmo de crecimiento ligeramente más alto que el presentado por la producción.

Este mayor dinamismo del consumo en comparación con el de la producción, ha originado que en la mayoría de los años analizados se presenten déficit en el balance nacional de urea.

La cada vez mayor preferencia de los agricultores por la urea se destaca en los últimos cuatro años en los cuales su aportación dentro del consumo nacional de fertilizantes nitrogenados representó en promedio el 40.5%.

Durante los últimos diez años, casi el 70% de la demanda (en promedio) se ha concentrado en cinco regiones ubicadas del centro de la República hacia la frontera norte, dentro de las cuales hay cinco estados que emplearon más de la mitad del total (Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Jalisco y Guanajuato).

Como se puede observar, los centros de consumo están alejados de la principal área productiva que es la región istmica.

La creciente demanda del fertilizante que se espera para los próximos años, hará que se agudicen los déficits; es por ello que FERTIMEX, la empresa paraestatal encargada de producir fertilizantes en ese país, tiene contemplado dentro de sus planes de expansión, tres nuevas plantas de urea de 228 mil toneladas de nitrógeno por año, cada una, dos de las cuales se espera arrancarán al menos en el último año de la actual década.

De llevarse a cabo esto, la capacidad instalada de urea en México, se incrementaría a 1.26 millones de toneladas de nitrógeno por año y permitiría abastecer una parte importante de las necesidades del norte del país, así como de otros estados agrícolas que se encuentran alejados de la región del istmo, ya que una de las plantas estaría localizada en el estado norteño de Chihuahua y otra en el Edo. de Michoacán, ubicado en la costa del Pacífico.

Por último, es conveniente mencionar que la empresa Fertilizantes Mexicanos, S.A. (FERTIMEX), fue creada por decreto presidencial y constituida como sociedad anónima el 17 de julio de 1943. Actualmente forma parte del sector industrial coordinado por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial y ocupa el tercer lugar en importancia dentro de la industria nacional paraestatal.

FERTIMEX es el resultado de la fusión escalonada de las empresas particulares productoras de fertilizantes, la cual se inició a partir del decreto presidencial y concluyó con la incorporación en 1978 de Fertilizantes Fosfatados Mexicanos, S.A.; sin embargo al mismo tiempo que se fueron dando las incorporaciones de estas empresas, FERTIMEX fue desarrollando sus propios proyectos productivos de fertilizantes.

Su responsabilidad estriba en resolver satisfactoriamente la demanda nacional de fertilizantes (producción, distribución, comercialización y promoción del uso de estos insumos agrícolas), necesarios para elevar el rendimiento de la tierra y atender a la selección y abastecimiento de los más adecuados a cada cultivo de acuerdo con cada región geográfica.

Fertimex se encuentra en el vértice de la producción industrial y representa el puente entre la industria petroquímica y la utilización de sus productos para mejorar la producción agrícola con uno de los insumos más importantes para incrementar la producción de alimentos.

## 2. ESTUDIO DE MERCADO

### 2.1. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

La urea es un sólido cristalino de color blanco, que se disuelve muy fácilmente en el agua y se produce comercialmente a partir de amoníaco y bióxido de carbono. Es uno de los productos nitrogenados de mayor concentración (46% de nitrógeno) y su uso como fertilizante a nivel mundial está muy extendido por numerosas razones, entre las que se incluyen:

- a) Elevado contenido de nutriente.
- b) Liberación lenta del nitrógeno.
- c) Mayor rentabilidad de la inversión en fertilizantes por parte del agricultor, debido a sus menores costos (producción, distribución y aplicación) por unidad de nutriente.

La experiencia adquirida principalmente en los Estados Unidos y países asiáticos, ha demostrado que las cualidades agronómicas de la urea son satisfactorias fundamentalmente para el cultivo del arroz, el algodón, sorgo, maíz y caña de azúcar; recientemente su uso se ha ampliado en muchos países y en varios cultivos más.

Las formas de aplicación más utilizadas en el campo son: directamente al suelo, disolviéndola en el agua de riego o como solución, y distribuida en forma de rocío al follaje.

### 2.2. DEMANDA

#### 2.2.1. Comportamiento histórico

En la primera mitad de la década de los 50's el consumo de fertilizantes nitrogenados en el país estaba basado prácticamente en el sulfato de amonio y nitrato de amonio, con porcentajes promedio de 77% y 18%, respectivamente. En el periodo 1955-1960 ya se aprecia una notable participación del amoníaco y la urea con 22% y 17%, en el mismo orden. Pero es a partir de 1963 que ésta última ganó terreno notablemente, debido entre otros factores a una mayor disponibilidad interna y a sus ventajas económicas en comparación con productos como el sulfato de amonio y el nitrato de amonio.

Durante el periodo 1974-1986 el consumo nacional de urea se incrementó de 304 mil toneladas a 1.3 millones de toneladas de producto, equivalente a una tasa media de crecimiento anual de 13.0%. (ver figura 1).

La cada vez mayor preferencia de los agricultores por este producto a partir de la década de los 70's, se destaca en los últimos cinco años donde su aportación dentro del consumo nacional de fertilizantes nitrogenados representó en promedio el 38.8%.

**PARTICIPACION DE LA UREA EN EL CONSUMO APARENTE DE NITROGENO  
1982 - 1986**

<b>AÑO</b>	<b>TOTAL NITROGENO (MILES DE tons DE NITROGENO)*</b>	<b>UREA (MILES DE tons DE NITROGENO)</b>	<b>PARTICIPACION UREA (%)</b>
1982	1,276	417	32.7
1983	1,074	403	37.5
1984	1,249	440	35.2
1985	1,501	642	42.8
1986	1,367	608	44.5
<b>TOTAL</b>	<b>6,467</b>	<b>2,510</b>	<b>38.8</b>

\* Incluye maquileros.

En 1983 la demanda de los tres nutrientes primarios disminuyó globalmente un 14.4% con respecto al año anterior. En el caso del grupo de los fertilizantes nitrogenados la caída fue del 22.7%, siendo los más afectados el nitrato de amonio y el sulfato de amonio con 30.9% y 26.5% respectivamente; la urea, por su parte registró una baja de casi el 16%. Esta situación generalizada se debió principalmente al retraso en la temporada de lluvias, la falta de créditos al agricultor, la tardanza en la definición de los precios de garantía y los aumentos registrados en los precios de los insumos agrícolas.

Para los dos años posteriores el consumo vuelve a tomar su paso ascendente, reflejándose esto en tasas del 17.2% y 18.6% de crecimiento anual para todos los fertilizantes y para el grupo de los nitrogenados, respectivamente. En el caso particular de la

urea fue aún más significativo este incremento, ya que registró un 27.3% en tan sólo dos años, cifra que en términos absolutos representó 535 mil toneladas de producto más que durante 1983. Sin embargo, en 1986 el grupo de fertilizantes nitrogenados bajó en un 6.4% su consumo con respecto al año anterior, mientras que la urea lo hizo en 5.5%.

### 2.2.2. Distribución geográfica de la demanda

Atendiendo a su distribución geográfica, las zonas que en 1974-1986 mostraron la mayor participación promedio en el consumo, fueron las siguientes:

ZONAS	%
-----	-----
Pacífico - Norte	17.5
Noroeste	16.2
Bajío	13.5
Occidente	10.0
Norte	9.2
Otras	33.6
	-----
TOTAL	100.0

En conjunto las cinco primeras regiones concentraron el 66.4% del total registrado en 1974 - 1986, correspondiéndoles en términos absolutos 754 mil toneladas por año de producto en promedio. No obstante, el mayor dinamismo de crecimiento se presentó en aquellas áreas que cuentan con menores dosis promedio de fertilización y/o superficie fertilizada, como la Centro-Sur, Golfo y Centro-Norte.

Para 1986, los principales estados consumidores fueron, los seis siguientes: Sinaloa, Guanajuato, Jalisco, Sonora, Veracruz y Chihuahua, que en conjunto demandaron el 56.3% del total nacional.

### 2.2.3. Proyección de la demanda

A futuro, y dado el gran dinamismo experimentado en la década pasada, se prevé que la demanda nacional evolucionará de 1.2 hasta 2.3 millones de toneladas de producto entre 1987-1995, equivalente a una tasa media anual del 8.9%.

El área geográfica de mayor consumo continuará siendo el Norte del país, que comprende las zonas de venta Pacífico-Norte, Noroeste, Norte, Centro-Norte y Noreste; las cuales durante todo el periodo demandarán casi el 46% del total, alcanzando 1.06 millones de toneladas de producto en 1995. En segundo término se encuentra la región comprendida por las zonas Bajío y Occidente, que acumulan el 26% del total y que en términos absolutos corresponde a 600 mil toneladas de producto para el mismo año. En seguida el área Suroriental cuyas zonas contenidas son la Centro-Sur, Golfo, Sur y Peninsular, que participan en conjunto con el 20%, equivalente a 475 mil toneladas en 1995. Por último el área Central-Occidental, que incluye las zonas Pacífico-Sur y Centro, alcanzará para 1995 las 198 mil toneladas de este fertilizante, contribuyendo con el 8% del total de la demanda (ver cuadro 1).

### 2.3. OFERTA

#### 2.3.1. Comportamiento Histórico

Como consecuencia del gran crecimiento registrado por la demanda y en virtud de los elevados volúmenes importados de urea\*, FERTI-MEX se dio a la tarea de ampliar su capacidad instalada, construyendo plantas de gran tamaño en las regiones Bajío e Istmo.

De 1974 a 1986 la producción creció a una tasa media anual de 11.9% pasando de 336 mil toneladas a 1.3 millones de toneladas de producto. En el último año el aprovechamiento promedio de la capacidad fue de 75.9%, debido a la baja eficiencia que se tuvo en algunas plantas; esto último ocasionado primordialmente por un inadecuado suministro de materias primas, falta de servicios auxiliares y fallas en la energía eléctrica.

---

\* Durante el periodo 1975-1986 el volumen total de importaciones de urea fue de 1'478,097 tons de producto.

### 2.3.2. Distribución Geográfica de la Capacidad Instalada

En la actualidad se cuenta con seis plantas productoras de urea, con una capacidad instalada total cercana a 1.7 millones de toneladas por año de producto. La capacidad instalada y el porcentaje de participación por zonas y unidades se describe a continuación:

AREA	UNIDAD INDUSTRIAL (No. de plantas)	CAPACIDAD INSTALADA	PORCENTAJE DE PARTICIPACION
ISTMO	Pajaritos Nitrogenados (2)*	990,000	58.3
	Minatitlán (1)	247,500	14.6
		1'237,500	72.9
BAJIO	Bajío (2)**	386,000	22.7
NORTE	Camargo (1)	75,000	4.4
TOTAL	(6)	1'698,500	100.0

\* Cada planta tiene una capacidad de 495 mil toneladas por año.

\*\* Una planta de 330 mil y otra de 56 mil toneladas por año de producto.

### 2.3.3. Tendencia Futura de la Oferta

En el horizonte 1987-1995 las plantas que se encuentran actualmente en operación, no presentarán variaciones significativas en sus niveles de producción, manteniéndose en 1.4 millones de toneladas de producto.

Por otra parte, si se reactiva la ejecución de los proyectos de urea que se encuentran en construcción uno en Cd. Camargo y el otro en Lázaro Cárdenas, los cuales iniciarán peraciones en 1992, éstos generarán una producción adicional de 520 mil toneladas de producto en 1992, de 792 mil toneladas de producto en 1993 y a partir de 1994 será de 892 mil toneladas de producto.

En forma conjunta la producción de urea en el país se verá incrementada hasta 2.34 millones de toneladas de producto en 1995; o sea, aproximadamente en 1 millón de toneladas con respecto a 1987. (Ver cuadro 2).

#### **2.4. BALANCE OFERTA-DEMANDA**

Si se toman en cuenta únicamente las plantas que se encuentran actualmente en operación, el balance nacional de urea en el horizonte 1987-1995 arroja un excedente de 263 mil toneladas de producto en el primer año de este lapso, pero a partir de 1988 y hasta el final del periodo se registrarán déficits que varían en forma creciente de 11 mil toneladas a 893 mil toneladas de producto.

Por la situación anterior se hace indispensable construir los dos proyectos mencionados, ya que con esto se disminuirán los faltantes y se obtendrán excedentes para los años 1993 y 1994, los que en promedio alcanzarán 110 mil toneladas de producto (ver cuadro 3 y figura 2).

Sin embargo, después de 1995 se presentarán déficits, lo cual hace conveniente el planteamiento de un proyecto nuevo que contrarreste las carencias de este producto en el largo plazo.

Lo anterior, deberá estar acorde al Programa de Desarrollo de FERTIMEX, el cual da prioridad a los proyectos que redituen mayores beneficios al país. La capacidad y la tecnología podrían ser semejantes a las de los proyectos que se propone instalar, aprovechando de este modo la experiencia adquirida en la construcción de este tipo de unidades productoras.

#### **2.5. SITUACION DE LAS MATERIAS PRIMAS**

Las materias primas necesarias para la fabricación de urea son amoníaco y bióxido de carbono. Los requerimientos de estos insumos, para la producción de 495 mil toneladas por año de urea, ascienden a 287 mil toneladas de amoníaco y 376 mil toneladas de bióxido de carbono anuales (ver figura 3).

La situación que se prevé de estos productos es la siguiente:

### **2.5.1. Amoniaco**

Nuestro país cuenta con grandes reservas de gas natural (fuente principal para la producción de amoniaco), destacándose entre los diez primeros en el panorama mundial; debido a esta situación y con la planeación adecuada, no se tendrán problemas en el abastecimiento de este insumo.

PEMEX en su balance nacional de amoniaco considera la realización de dos proyectos, el primero localizado en Cd. Camargo, Chih. (Proyecto Camargo II) que está en etapa de construcción, con una capacidad de 445 mil toneladas por año de producto y el segundo se localiza en Lázaro Cárdenas, Mich., también con una capacidad de 445 mil toneladas por año de producto (ver cuadro 4).

Es de suma importancia considerar que la instalación de unidades productoras de urea, forzosamente debe contar con su respectiva planta de amoniaco, ya que existen factores de tipo técnico y económico que hacen totalmente dependiente la primera de la segunda.

### **2.5.2. Bióxido de Carbono**

El bióxido de carbono es precisamente uno de los factores prioritarios que determinan que sea indispensable la instalación de plantas de urea en las cercanías de unidades productoras de amoniaco.

La importancia del bióxido de carbono se debe, primero, a que este insumo se obtiene como subproducto en la fabricación de amoniaco y segundo, a que su transportación y manejo a grandes distancias es difícil y costoso.

De la estrecha relación que se guarda en la producción de amoniaco y bióxido de carbono, así como de los factores de consumo de ambos para la elaboración de urea, se puede inferir que si las plantas se instalan con las capacidades mencionadas anteriormente, no se tendrá ningún problema en el abastecimiento de las dos materias primas principales.

## 2.6. PRECIOS

### 2.6.1. Precios en el Mercado Nacional

Tradicionalmente la política de precios aplicada a los productos fertilizantes ha estado orientada a incentivar la producción en el campo. Sin embargo, el deterioro que esto ha causado en la situación financiera de la empresa, misma que se ha visto acentuada en los últimos años por la crisis económica que afronta el país, ha hecho inevitable el aumento de precios.

Durante 1977-1982 el precio de urea registró un incremento de 160.6%; sin embargo, la mayor elevación se dió entre 1982 y 1987 (1349%) al llegar en este último año a 88,000 pesos la tonelada de producto envasado en bolsa de polietileno.

#### PRECIOS HISTORICOS DE UREA EN EL PERIODO 1972 - 1987 (PESOS/TONELADA DE PRODUCTO)

AÑOS -----	PRECIO* -----
1972	1,363
1973	1,363
1974	1,510
1975	1,820
1976	2,002
1977	2,503
1978	2,941
1979	2,941
1980	3,567
1981	4,077
1982	6,523
1983**	11,706
1984	18,620
1985**	32,300
1986**	54,850
1987***	88,000

\* LAB estación de ferrocarril y envasado en bolsas de polietileno

\*\* Se refiere al precio promedio en ese año.

\*\*\* Precio vigente a partir del 7 de abril de 1987.

FUENTE: DIRECCION COMERCIAL  
FERTIMEX  
Agosto, 1987.

Por otra parte, al comparar los incrementos de los precios de la urea (en términos de nutriente) y los aumentos registrados en los precios de garantía de los principales productos agrícolas, se observa claramente que los primeros han sido menores que los segundos. Por ejemplo, en 1972 se necesitaban producir 3.4 toneladas de maíz ó 3.25 toneladas de trigo o bien 1.69 toneladas de frijol, para poder comprar una tonelada de urea; mientras que para el primer semestre de 1987 esta relación se redujo a 1.09 toneladas de maíz, 1.50 toneladas de trigo y 0.55 toneladas de frijol. Lo anterior, se refleja en mayores oportunidades de fertilización para los agricultores, ya que el precio de sus productos ha crecido a una tasa mayor que para la urea. (ver cuadro 5).

Con respecto a los precios de otros insumos agrícolas importantes, la tendencia de éstos en comparación con los de la urea siempre han mostrado que han crecido a un ritmo proporcionalmente mayor (ver cuadro 6 y figura 3).

Durante el período 1974-1986 el precio de la urea registró un crecimiento medio anual del 34.9%, que es inferior al dinamismo presentado, por el de los tractores (43.8%), el de los plaguicidas (38%) o el del índice de inflación que fue del 43.6%.

#### **2.6.2. Precios en el Mercado Internacional**

Debido al dominio de Europa Oriental como proveedor y de China e India como consumidores de urea, la estructura mundial de este mercado está bien definida, y el comportamiento de los precios internacionales de este fertilizante está fuertemente influido por la participación de dichos países.

Esta polarización en las ventas internacionales de urea aunada a razones económicas de tipo externo, como son: la problemática que experimenta la industria del petróleo y el sistema monetario internacional, históricamente han ocasionado que los precios del fertilizante presenten alzas y bajas.

En períodos de sobreoferta como el que se esta viviendo actualmente y no obstante de operar a costos de producción por arriba de sus precios de venta, Europa Oriental, que es más sensible, se ve obligada a bajar sus precios en cuanto la presión de altos inventarios comienza a presentarse. Mientras tanto, Europa Occidental aún tiene interés en el mercado internacional pero prefiere sacrificar su producción con tal de no operar con costos de fabricación mayores a sus ingresos.

Esta situación, hace al mercado de la urea muy vulnerable al comportamiento de la demanda y las políticas de estos países.

La sobreoferta actual ha ocasionado la caída más grave del precio de este fertilizante en los últimos 12 años, alcanzando actualmente el valor de 90 dólares la tonelada de producto; motivando lo anterior a que muchos países productores operen a costos de producción superiores al monto de su precio de venta.

**PRECIOS INTERNACIONALES HISTORICOS DE UREA EN EL PERIODO 1977-1987**

(Dólares / tonelada de producto )

AÑO	PRECIO*
----	-----
1977	119
1978	128
1979	147
1980	184
1981	184
1982	131
1983	127
1984	159
1985	127
1986**	93
1987***	90

\* Precios promedio (SPOT) en la costa del Golfo de E.U.A.

\*\* Se refiere al precio promedio de junio y julio de 1986, ya que de febrero a mayo no se cotizó en ese lugar.

\*\*\* Precio vigente a partir del 7 de abril de 1987

FUENTE: DIRECCION COMERCIAL  
FERTIMEX  
Agosto, 1987

No obstante esta notoria baja del precio internacional de la urea y a pesar de los fuertes incrementos a nivel nacional que ha experimentado, el precio que actualmente opera en el país presenta ventajas comparativas con respecto al que rige en el panorama mundial, que a la paridad de cambio\* da por resultado un diferencial favorable a nuestro país de 136,136 pesos por tonelada, desglosado en la forma siguiente:

---

\* Paridad considerada para este estudio 1,547 pesos por dólar.

**CONCEPTO****PRECIO EN USD/  
TONELADA**

Precio internacional	90
Flete internacional, cabotaje y gastos portuarios	32
Flete nacional del puerto a bodega primaria	23
<b><u>Subtotal</u></b>	<b><u>145</u></b>
Precio nacional	
en bodega primaria	57
Diferencia	88

A pesar del comportamiento declinante de los precios que se está padeciendo actualmente en el ámbito internacional, se prevé para un futuro una recuperación significativa de éstos, debido básicamente a que se espera, según los pronósticos, un mercado muy ajustado en cuanto a necesidades de nitrógeno, destacándose particularmente la urea como el fertilizante nitrogenado de mayor importancia a nivel internacional.

**2.7. COMERCIALIZACION**

FERTIMEX tiene como objetivo social distribuir sus productos al sector agrícola a las condiciones más favorables en cuanto a precio, cantidad y reparto oportuno. Para el logro de este objetivo creó varios canales de distribución; sin embargo esta estrategia de comercialización no se ha podido cumplir en su totalidad debido principalmente a: la polarización de la localización entre las zonas de consumo y las unidades productoras (especialmente dada en productos de alta concentración), la escasez de unidades ferroviarias, la poca disponibilidad de autotransporte, la reducida capacidad de almacenamiento y el surgimiento de problemas propios de los mismos canales de comercialización.

Actualmente existen diez canales que se encargan de distribuir, en todo el territorio nacional los productos elaborados por la empresa. En el caso específico de la urea, la tendencia en el comportamiento del sistema de comercialización ha sido constante desde sus inicios, ya que BANRURAL y las Asociaciones Agrícolas destacan como los canales con mayor participación en la distribución de este producto.

Para 1986 la estructura de distribución de todos los fertilizantes indica que BANRURAL se encargó de abastecer el 29% del total de la demanda nacional, las Asociaciones Agrícolas participaron con el 19%, las Empresas Estatales contribuyeron con el 16% y por último los Clientes de Agencias, suministraron el 20%; en conjunto estos cuatro canales comercializaron el 84% del total nacional.

## 2.8. MERCADO ESPECIFICO

La demanda de este producto históricamente se ha localizado fundamentalmente en las zonas Pacífico-Norte, Noroeste, Bajío, Occidente y Norte, las cuales en el periodo 1974-1986 acumularon el 66% del total nacional. Sin embargo, como ya se mencionó, la capacidad productiva se encuentra concentrada en la zona del Istmo, alcanzando casi el 73% del total instalado, mientras que solamente el 4.4% de participación corresponde a la zona Norte.

Esta falta de compatibilidad en la ubicación de la oferta y la demanda de urea\*, provoca que se tengan zonas deficitarias y regiones con excedentes. En el primer caso se encuentra el área norte del territorio nacional, cuyos consumos en el periodo 1987-1995 variarán de 447 mil toneladas a 989 mil toneladas de producto, mientras que la oferta doméstica apenas acumula la cifra de 75 mil toneladas de este fertilizante (ver cuadro 7).

Por otra parte, la construcción de la planta en Cd. Camargo, Chih. es de suma importancia, ya que como se observa en el cuadro siguiente con este proyecto los déficits que se presentarán en el área norte del país (zonas Pacífico-Norte, Noroeste y Norte), la principal región consumidora de urea, se reducirán de 767 mil toneladas de producto en 1991 a 468 mil toneladas en 1995. Al mismo tiempo, con esto también se lograrán atenuar los serios problemas de logística y los elevados costos de distribución que se tienen en el área, ocasionados por tal polarización.

---

\* Debido a que las plantas de urea han tenido que instalarse en el sitio donde PEMEX construía sus plantas de amoníaco, sin existir un análisis integral previo que determinara la localización óptima para el país.

**DEMANDA ESTIMADA DE LA ZONA NORTE 1987-1995**  
(Miles de tons de producto)

AÑO	DEMANDA NACIONAL	DEMANDA DE LA ZONA NORTE
1987	1,182	447
1988	1,455	616
1989	1,666	705
1990	2,007	850
1991	1,992	842
1992	2,036	861
1993	2,120	897
1994	2,233	945
1995	2,337	989

FUENTE: DIRECCION COMERCIAL  
FERTIMEX  
Agosto, 1987

Para definir el mercado específico que cubrirá este proyecto, se recurrió a un modelo de transporte, el cual distribuyó el total de la producción nacional de urea (plantas en operación y proyectos en construcción), entre el total de las entidades federativas que constituyen nuestro país (orígenes y destinos), alcanzándose la optimización cuando se obtiene un costo total mínimo.

Los resultados obtenidos por el paquete de programación indican que el proyecto en Cd. Camargo cubrirá el total de las necesidades de los estados de Durango, Coahuila, Chihuahua, y un sector importante del estado de Sinaloa (entidades más distantes de la región Istmo).

Si se considera que la producción cubrirá el total de la demanda (situación que se aproxima en los pronósticos para el año 1993), y además que la operación de las plantas en construcción está en el rango óptimo, los resultados entregados por el módulo de computación muestran que el 54.6%, el 39.9% y el 3.7% de la producción de la Zona Norte ( U. Camargo) abastecerá el mercado de las zonas Pacífico- Norte, Norte y Centro Norte respectivamente (ver cuadro 8).

### 3. ASPECTOS TECNICOS DEL PROYECTO.

En este capítulo se analizarán los aspectos relacionados con la tecnología, localización, tamaño, inversión, costos de producción y programa de ejecución del proyecto de urea. Adicionalmente, debido a que la evaluación económica del proyecto se debe realizar considerándolo como un complejo amoniaco-urea, se incluyen en este estudio técnico los datos de inversión y costos de producción de la planta de amoniaco proporcionados por PEMEX, que es la entidad responsable de la construcción de dicha planta.

#### 3.1. TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE LA PLANTA DE UREA.

La urea se produce comercialmente, haciendo reaccionar amoniaco líquido ( $\text{NH}_3$ ) con bióxido de carbono gaseoso ( $\text{CO}_2$ ), dando lugar a la formación de carbamato de amonio, producto intermedio, de cuya deshidratación se obtiene la urea.

Los procesos preferidos en la actualidad, son los de recirculación total debido a su flexibilidad; ya que únicamente están supeditados al suministro de  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$ , y no a la mutua dependencia con una planta de algún coproducto nitrogenado que es el caso de los procesos de reciclaje parcial.

Las tecnologías de reciclaje total se clasifican en cinco grupos, de acuerdo a su principio de reciclaje: mezcla de gases calientes, gases separados, reactantes en suspensión, solución de carbamato y "stripping". Los primeros cuatro grupos emplean etapas de descomposición del carbamato, similares a las de los procesos de reciclaje parcial. El proceso de "stripping" difiere en que uno de los reactivos,  $\text{CO}_2$  ó  $\text{NH}_3$ , se utiliza para ayudar a la descomposición del carbamato a una presión relativamente alta, incluso la de síntesis. El principio involucrado es que un flujo de gas inerte promoverá la vaporización de un líquido de manera análoga a la de la evaporación del agua a una temperatura inferior a la de ebullición mediante un flujo de aire. En el caso de la solución de urea que contiene carbamato, cualquiera de los reactivos servirá como gas inerte para disminuir la presión de vapor y expulsar los gases generados por la descomposición del carbamato.

##### 3.1.1. Tecnología Seleccionada.

De las tecnologías disponibles, se eligió el proceso de recirculación total de "stripping" con amoniaco, que suministra la compañía italiana Snamprogetti. En la etapa de granulación se

usará el proceso de la compañía Nederlandse Stikstof Maatschappij NV (NSM) de Bélgica.

El uso de amoníaco en exceso, que actúa como agente de "stripping", ofrece mayores ventajas que las obtenidas al utilizar el CO<sub>2</sub>, entre estas se pueden citar: una alta presión parcial de amoníaco que inhibe la formación de biuret a elevada temperatura; una atmósfera rica en amoníaco que reduce la corrosión al equipo; requerimientos mínimos de aire, para pasivar la superficie de los equipos contra la corrosión, lo que redundará en un mayor rendimiento en el reactor y menores pérdidas de amoníaco en los gases de venteo.

En el proceso Snamprogetti el carbamato que no reacciona y el exceso de amoníaco presentes en la solución de urea que sale del stripper se recuperan en un sistema de dos etapas operados a media y baja presión lo que permite condensar el amoníaco en la primera etapa, dando flexibilidad en la relación de alimentación al proceso, un sistema de control menos sofisticado, así como un equipo de menor tamaño en la sección de recuperación de baja presión.

El "stripper" posee tubos de titanio, material muy resistente a la corrosión que mejoran la operabilidad de la planta; ya que es posible mantener el circuito de síntesis totalmente lleno y presurizado, durante los paros de emergencia en la planta.

Snamprogetti tiene el uso exclusivo de la recirculación de solución de carbamato, en el circuito de síntesis, a través de un eyector que utiliza como fluido motriz la corriente de amoníaco líquido hacia el reactor. Las ventajas de este sistema se resumen en una inversión baja y un mínimo de problemas de operación al no emplear costosas bombas reciprocantes. Al mismo tiempo permite que el equipo principal pueda instalarse en un arreglo horizontal, lo cual no es posible en otros procesos que usan como medio de recirculación bombas, ya que requieren cierta cabeza estática. Un arreglo horizontal reduce el tiempo y costos de erección.

La ventaja del proceso de granulación NSM de utilizar una solución de urea con una concentración del 95-96% en lugar de urea fundida al 99%, como es el caso de otros procesos, permite eliminar la última etapa de concentración, reduciendo así los consumos de vapor y agua de enfriamiento.

Por otro lado el granulador no presenta partes móviles, lo cual prolonga la operación continua del mismo, además de representar un ahorro significativo de energía.

Existe la tendencia a nivel internacional de producir urea granulada en lugar de la aperdigonada, ya que los gránulos son más duros y presentan ventajas para su almacenamiento, distribución y

aplicación. Se ha demostrado en comparaciones realizadas que el costo de la granulación es aproximadamente el mismo que el de la urea aperdigonada.

Entre las ventajas que tiene el producto granulado, se pueden mencionar las siguientes:

- Mayor resistencia a la compresión y a la abrasión.
- Reducción en la emisión de polvos al medio ambiente.
- Disminución en la tendencia a la formación de aglomerados.
- Liberación más lenta del nutriente.
- Mejor adaptabilidad para el recubrimiento.

### 3.1.2. Especificaciones técnicas y calidades esperadas.

La urea pura es un sólido cristalino, inodoro, de color blanco con un contenido de nitrógeno de 46.65%. Sus principales constantes físicas son:

Peso molecular	60.06
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.335
Punto de fusión (°C)	132.7
Densidad a granel (kg/m <sup>3</sup> )	720-770
Solubilidad en agua, partes por 100 partes de agua en peso.	
0 °C	66.7
20 °C	108.0
40 °C	167.0
60 °C	251.0
80 °C	400.0
100 °C	733.0
Angulo de reposo	34-37
Calor de disolución en agua (Kcal/kg)	+57.8
Humedad relativa crítica	
20 °C	81.0%
30 °C	73.0%
Calor específico a 20 °C	0.32

La gravedad específica de la urea es relativamente baja, comparada con la de otros fertilizantes, lo que debe considerarse en los cálculos del espacio requerido para su almacenamiento.

La urea dentro de los fertilizantes nitrogenados sólidos ocupa un lugar intermedio en lo referente a su higroscopicidad, requiriendo protección contra la humedad atmosférica en algunos climas.

Las especificaciones requeridas para la urea que se producirá, son las siguientes:

Contenido de nitrógeno	46-46.3 %
Contenido de agua	aprox. 0.3 %
Contenido de biuret	0.8 %
Formaldehído	0.45 %
Diámetro promedio de los gránulos	2.0-3.5 mm.
Contenido de hierro	5 ppm m-x.
Dureza del gránulo de 2 mm. (método NSM)	2 kgf.

El biuret (dímero de la urea), puede ocasionar problemas de toxicidad cuando se usa en aplicación foliar para cítricos. Sin embargo, la mayoría de los cultivos toleran hasta 1.5% de biuret en aplicación foliar y poco más de 2% en urea sólida, niveles que no se alcanzan en el producto para uso agrícola.

### 3.1.3. Descripción del proceso.

La producción de urea se lleva a cabo en cuatro etapas principales (figuras 5 y 6):

- a) Síntesis de urea y recuperación a elevada presión.
- b) Purificación y recuperación de urea a baja presión.
- c) Concentración.
- d) Granulación.

#### a) Síntesis de urea y recuperación a elevada presión.

La producción comercial de urea está basada en un par de reacciones que se llevan a cabo a presiones y temperaturas elevadas. La primera consiste en la formación de carbamato de amonio a partir de amoníaco y bióxido de carbono:



Es una reacción rápida y exotérmica (37.7 kcal/gmol), que prácticamente se completa a las temperaturas y presiones empleadas en el proceso (188 C y 150 kg/cm<sup>2</sup>).

La segunda reacción es la deshidratación de carbamato de amonio para dar urea y agua:



Esta conversión sólo alcanza velocidades prácticas a temperaturas mayores de 160 °C, es endotérmica (7.7 kcal/gmol) y llega a un equilibrio tal que una parte significativa del carbamato permanece inalterada. Si se usa una relación estequiométrica de NH<sub>3</sub> y CO<sub>2</sub> (2:1), solamente poco más de la mitad se convertirá en urea. Por lo tanto es común aumentar la conversión mediante el uso de una relación molar NH<sub>3</sub>:CO<sub>2</sub> cercana a 4:1.

El amoníaco proveniente de límites de batería se precalienta en la torre recuperadora de amoníaco C-5 y se colecta en el tanque V-1. De aquí una pequeña parte se envía al absorbedor de media presión y el resto se comprime hasta 220 ata. Este amoníaco líquido a elevada presión se utiliza como fluido motriz del eyector EJ-1 donde la solución de carbamato de recirculación se comprime por arriba de la presión de síntesis.

La mezcla líquida de amoníaco y carbamato entra al reactor en donde reacciona con el CO<sub>2</sub> que proviene de límites de batería, que ha sido comprimido a una presión de 155 ata al pasar por el compresor centrífugo K-1. Se añade una cantidad pequeña de aire a la corriente de CO<sub>2</sub> con la finalidad de proteger la superficie de los equipos del efecto de la corrosión.

Los productos de reacción fluyen al stripper E-1, el cual es un intercambiador de calor del tipo de película descendente, calentado con vapor. En este equipo el exceso de amoníaco arrastra los gases que se generan al descomponerse el carbamato.

Los gases que salen de la parte superior del stripper y la solución de carbonato recuperada del absorbedor de media presión C-1 fluyen a los condensadores de carbamato de alta presión E-5/6. La solución de carbamato que se condensa se separa en el separador de carbamato MV-1 y se recircula al reactor. Debido a la alta temperatura y presión de los gases que se manejan en los condensadores se genera vapor de 4.5 ata.

Los gases que salen del separador de carbamato consisten en amoníaco, gases inertes y una pequeña cantidad de CO<sub>2</sub>, los cuales son enviados al descompositor de presión media E-2.

#### **b) Purificación y recuperación de urea a baja presión.**

La purificación de urea se lleva a cabo en dos etapas en las que la solución de carbamato remanente se descompone en CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>. Los descompositores operan a 18 ata el de presión media y a 4.5 ata el de baja presión.

En la primera etapa de purificación, la solución de urea que abandona el stripper con un elevado contenido de amoníaco residual, se expande a una presión de 18 ata entrando al descompositor de presión media E-2 (intercambiador del tipo de película descendente).

Este descompositor está integrado por dos secciones:

- Un separador superior MV-2, donde los gases formados al expandir el fluido se separan antes de que la solución descienda por el haz de tubos.
- Una sección donde el carbamato residual se descompone y el calor requerido se suministra a través del condensado del stripper y vapor saturado a 26 ata.

Los gases ricos en  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$  que salen del separador, se envían al condensador de presión media E-7 donde se absorben parcialmente en una solución acuosa de carbonato que procede de la sección de recuperación a 4.5 ata. Esta mezcla gas-líquido fluye al absorbedor de presión media C-1 que es del tipo de platos con cachuchas de burbujeo, donde el amoníaco proveniente del tanque receptor absorbe el  $\text{CO}_2$ , la solución formada se recircula al condensador de carbamato.

La corriente de gases inertes y amoníaco que sale del absorbedor (con una cantidad mínima de  $\text{CO}_2$ , 20 a 100 ppm) se condensa parcialmente en E-9, de donde las 2 fases se envían al tanque receptor de amoníaco.

Los gases inertes con amoníaco que dejan el tanque receptor, pasan a la torre de recuperación C-5 donde se condensa una cantidad adicional de amoníaco mediante la corriente de  $\text{NH}_3$  a menor temperatura que proviene de los límites de batería.

Los gases inertes se envían al absorbedor de amoníaco E-11, ocurriendo aquí la absorción en agua de la cantidad residual de amoníaco que contienen los gases. La solución amoniacal formada se recircula al absorbedor de presión media C-1.

Los gases inertes se ventean a la atmósfera prácticamente libres de amoníaco.

La solución de urea que se obtiene del fondo del descompositor de presión media se expande a 4.5 ata de presión y fluye hacia el descompositor de presión baja E-3. Este equipo está integrado de manera similar al empleado en la primera etapa de purificación, utilizándose como medio de calentamiento vapor de 4.5 ata.

Los gases que salen de la sección de separación del descompositor fluyen al condensador de presión baja E-8, en donde se absorben en una solución acuosa de carbonato, que proviene de la sección de tratamiento de agua residual.

La fase líquida del condensador, con los gases inertes remanentes se envían al tanque de solución de carbonato V-3. De aquí la solución se recircula al condensador de presión media E-7. Los gases inertes conteniendo vapor de amoníaco fluyen directamente al absorbedor de amoníaco (E-12) y torre de lavado (C-4), donde el amoníaco residual se absorbe con agua a contracorriente, en tanto que los inertes se ventean a la atmósfera prácticamente libres de amoníaco.

#### **c) Concentración**

La solución que abandona el fondo del descompositor de presión baja se une a un pequeño flujo de recirculación, obteniéndose una solución de urea al 69.5% que se concentra hasta 95.6-96.9% en peso en un evaporador al vacío que opera a 0.3 ata.

En el intercambiador E-14 del evaporador se usa como medio de calentamiento vapor a 4.5 ata.

La solución concentrada en urea se envía al tanque ME-35 y de ahí se alimenta a la unidad de granulación.

#### **d) Granulación**

Antes de alimentar al granulador la solución de urea al 95-96% peso, se le adiciona una solución de formaldehído al 37% en una proporción de 4.5 kg/t de urea. De ésta manera se acondiciona el producto contra la degradación y el apelmazamiento que pudieran ocurrir durante el almacenamiento y manejo.

El granulador GLF-101 es un recipiente rectangular dividido en secciones o cámaras, que en el fondo disponen de un distribuidor de aire. Este equipo contiene una capa de partículas de urea que se mantiene en movimiento mediante aire que es suministrado por el ventilador VV-101.

Las partículas de urea utilizadas como semilla para el crecimiento de los gránulos, son los finos provenientes de la criba SV-101 y del molino MF-101. Este material fino se introduce a la primera sección del lecho fluidizado, en donde se rocía con solución de urea atomizada mediante boquillas de inyección que operan con aire comprimido suministrado por el soplador CR-101 y calentado por encima de los 145 C en el calentador F-102.

El crecimiento de los gránulos se realiza durante un proceso lento de acumulación de finas gotas de solución sobre la semilla y no por un proceso de recubrimiento sucesivo de grandes áreas de cada gránulo. Esta lenta formación de gránulos permite que cada

gota de solución solidifique antes de que se aplique otra capa, por lo que el agua contenida se evapora y se elimina con ayuda del aire de fluidización. La humedad residual es casi tan baja como en otros procesos de granulación que emplean urea fundida de mayor concentración (99%).

Las partículas en el lecho fluidizado presentan una amplia gama de tamaños, lo que causa una turbulencia irregular que fuerza a que todos los gránulos pasen repetidamente a través de las zonas de rocío.

Los gránulos más grandes son demasiado pesados para permanecer fluidizados, por lo que descansan sobre el distribuidor de aire y son descargados sin que se realicen depósitos adicionales sobre ellos.

El producto granulado se envía al enfriador de lecho fluidizado RAF-101, cuyo medio de enfriamiento es aire. La urea enfriada se pasa a un sistema de cribado SV-101, donde se obtienen los gránulos del tamaño deseado que se envían al almacén.

Los finos se recirculan al granulador en tanto que los gruesos pasan a una etapa de molienda MF-101 antes de recircularlos al granulador.

La relación de recirculación de gruesos y finos a producto dentro de especificación es de 0.5 a 1 que es menor a la que se obtiene en otro tipo de granuladores (2:1 ó mayor), lo que implica un ahorro en el tamaño del sistema de recirculación (transportadores, molino, etc.).

El tamaño de los gránulos se controla mediante las cribas y un ajuste en el molino de rodillos. Este ajuste fija la cantidad de semilla por unidad de tiempo suministrada al granulador y determina sobre cuantos núcleos por unidad de tiempo se atomizará la solución de alimentación.

Los polvos generados en el granulador y enfriador se pasan a través de lavadores en donde se recuperan en forma de una solución de urea al 45%, la cual se recircula a la sección de concentración. Los polvos resultan ser de sólo un 4% de la producción total de urea en la planta.

#### **3.1.4. Control de la Contaminación Ambiental**

En el proceso Snamprogetti se han logrado resolver satisfactoriamente los problemas de contaminación ambiental que presentan las plantas de urea. Normalmente las fuentes de contaminación son las siguientes:

- Amoníaco que se escapa en los venteos de gases inertes.
- Efluentes líquidos con cantidades significativas de amoníaco y urea.

El problema del amoníaco que se ventea con los inertes se minimiza en el proceso Snamprogetti, ya que la cantidad de aire que se requiere para pasivar la superficie de los equipos es menor que en otros procesos.

Adicionalmente, los gases se lavan con agua antes de ventearse para recuperar el amoníaco que arrastran; un sistema de tratamiento de efluentes líquidos se encuentra integrado al proceso para recuperar por destilación el amoníaco.

Con el fin de cumplir los más estrictos requerimientos, se provee un sistema de hidrólisis que reduce el contenido de urea en los efluentes líquidos.

Por otra parte, en caso de paro de la planta no es necesario drenar ninguna solución de proceso ya que la planta puede permanecer totalmente llena y presurizada por varios días.

Con referencia a la sección de granulación, la inclusión de lavadores de tipo húmedo permite mantener una eficiencia constante del 98% lo cual significa que la emisión de polvos de urea hacia la atmósfera cumple con las legislaciones ambientales mundiales. Ningún efluente líquido de esta sección se tira al drenaje.

### **3.1.5. Consumo de Materias Primas y Servicios.**

Los factores de consumo de materias primas y servicios auxiliares por tonelada de urea para el proceso Snamprogetti se presentan a continuación:

**CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS Y SERVICIOS AUXILIARES  
POR TONELADA DE UREA PARA EL PROCESO SNAMPROGETTI**

C O N C E P T O	C O N S U M O		
	UNIDAD DE UREA 1/	UNIDAD DE GRANULACION 2/	TOTAL
<b>MATERIAS PRIMAS</b>			
Amoniaco (ton)	0.58	-	0.58
Bióxido de Carbono (ton)	0.75	-	0.75
<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>			
Vapor (ton)	1.15	0.04	1.19
Energía Eléctrica (kwh)	29.86	35.00	64.86
Agua tratada (m3)	0.46	0.18	0.64
Agua de enfriamiento (m3)	126.60	-	126.60

1/ Fuente: Unidad Pajaritos Nitrogenados.

2/ Fuente: Propuesta de NSM para el proyecto de urea.

**3.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA DE UREA.**

Los estudios de localización determinaron como mejores alternativas para la instalación de dos plantas de urea: una en Lázaro Cárdenas, Mich. y otra en Cd. Camargo, Chih.

Los factores que se consideraron para la ubicación de estas plantas fueron: análisis de las zonas de consumo, infraestructura requerida y localización de los proyectos de amoniaco.

De la revisión del programa de inversiones, en lo referente a las nuevas plantas de fertilizantes nitrogenados que FERTIMEX planea construir en el mediano plazo, el Banco Mundial recomendó el estudio de varias alternativas de localización que permitieran evaluar la factibilidad económica y en consecuencia las posibilidades de financiamiento de los proyectos propuestos.

Cada alternativa de inversión se evaluó a través de una tasa interna de rentabilidad (TIR) económica, cuyas diferencias se pueden atribuir principalmente a factores como:

- Localización de las zonas de consumo.
- Infraestructura requerida.
- Localización de los proyectos de amoniaco.

La localización de las zonas de consumo influyó en la determinación de los precios de venta de urea a nivel de fábrica, ya que se fijaron a partir de los precios internacionales, adicionándoles los fletes internacionales y gastos portuarios del puerto más cercano al centro de demanda, más el flete local desde el puerto hasta el centro de demanda y restándole al total obtenido, el costo de transportación del producto desde el sitio del proyecto hasta el centro de demanda.

La localización de los proyectos de amoníaco está íntimamente relacionada con la infraestructura requerida; en Cd. Camargo las instalaciones de PEMEX se encuentran adyacentes a las de FERTIMEX, lo que implica un ahorro en la inversión al suprimir la instalación de una estación booster de precompresión de CO<sub>2</sub> en las inmediaciones de PEMEX, con el consecuente ahorro también del carbonoducto y amonoducto. Mientras que en Lázaro Cárdenas la distancia entre ambas instalaciones sería de 3 km.

En Lázaro Cárdenas se dispone de la infraestructura portuaria adecuada, para construir una planta, con instalaciones de manejo de sólidos incluyendo almacenamiento de urea, de terrenos urbanizados y una amplia red de accesos y caminos. Mientras que para Camargo será necesario instalar un sistema de manejo de sólidos.

El mayor o menor grado de infraestructura de cada una de las alternativas se reflejó en la inversión requerida.

Como resultado del estudio de las diferentes alternativas se constató que los mejores sitios para la construcción de las dos plantas de urea son Lázaro Cárdenas, Mich., y Cd. Camargo, Chih., en cada una de las Unidades con que cuenta FERTIMEX en dichos lugares.

### 3.3. TAMAÑO DE LA PLANTA DE UREA.

Para la determinación del tamaño de la planta, se consideraron los siguientes factores:

- Balance oferta-demanda.
- Análisis de economías de escala.
- Número de plantas instaladas a nivel mundial con la capacidad seleccionada.

El balance oferta-demanda para el mercado nacional considerando plantas en operación, arroja déficits a partir de 1988 que van de 11 mil toneladas a 893 mil toneladas en 1995.

Con la puesta en marcha de los dos proyectos de urea en 1992, con una capacidad de 495 mil toneladas por año cada uno, se podrá lograr una autosuficiencia transitoria (1993-1994) sin embargo, después de 1995 existirán déficits, lo cual da lugar a que se planee la construcción de un nuevo proyecto.

Además de los aspectos de mercado, en la selección del tamaño del proyecto, intervienen las economías de escala en la inversión y como consecuencia en los costos de producción. Aunque al comprar plantas de urea de 1500 toneladas por día con plantas de 500 toneladas por día de capacidad, las ventajas económicas son moderadas (el costo de producción disminuye un 8.5%), las economías de escala que se obtienen en la fabricación de amoníaco son importantes. Por lo tanto, en un complejo amoníaco-urea, las economías de escala combinadas de las dos plantas son significativas. Por otra parte, la decisión de fabricar 2 ó más productos finales a partir de una sola planta de amoníaco pudiera tener ventajas económicas atractivas.

En la figura No. 7 se observa que el costo de producción tiende a ser asintótico para una capacidad de 1,700 toneladas por día.

La capacidad seleccionada (1,500 toneladas por día) se encuentra dentro del rango comercial para plantas de urea que es de 1,500 - 1,700 toneladas por día.

Por otra parte al contar FERTIMEX con plantas que arrancaron recientemente y que poseen la misma capacidad y tecnología de los proyectos propuestos, se tendrán ahorros por concepto de licencia, ingeniería, estandarización de equipos y refacciones, además de aprovechar la experiencia adquirida en la construcción de las instalaciones.

### **3.4. ESTIMADO DE INVERSION.**

#### **3.4.1. Planta de Urea.**

La inversión total para el proyecto de urea asciende a 277.7 mil millones de pesos (179.5 millones de dólares) e incluye el costo estimado base, imprevistos, inversión fija, intereses durante la construcción y capital de trabajo. Cuadros 9 y 10.

A continuación se describen cada uno de los conceptos considerados para el estimado de inversión.

##### **3.4.1.1. Equipo y Refacciones entregados en el sitio del Proyecto.**

En este punto se considera primeramente el costo de los equipos, materiales y servicios de procuramiento requeridos para la unidad de proceso, de granulación, para los servicios auxiliares, almacenamiento de amoníaco y para el sistema de manejo de sólidos. También se incluye lo correspondiente al equipo y herramientas de construcción, así como lo requerido para refacciones.

Al subtotal obtenido de los conceptos anteriores se le adicionó para el equipo nacional, el costo de fletes, seguros y maniobras locales además del impuesto al valor agregado (IVA). Para el equipo de importación se consideraron los fletes marítimos y seguros a puerto mexicano, los fletes y maniobras locales, y por último los impuestos y derechos de importación.

El total obtenido representa el costo del equipo entregado en el sitio del proyecto.

##### **3.4.1.2. Licencias y Servicios de Ingeniería.**

En este rubro se incluyen los trabajos de ingeniería básica y de detalle para la planta de urea, servicios auxiliares y servicios generales; así como, los pagos por concepto de transferencia de tecnología, asesoría y supervisión de la ingeniería.

#### **3.4.1.3. Administración del Proyecto y Seguros.**

Este punto comprende el pago de nómina de la residencia de construcción y de los servicios temporales que se requieren durante la ejecución del proyecto, como son: oficinas, cercas, energía eléctrica, agua, servicios de comunicación, renta de automóviles, mobiliario y equipo de oficina, viáticos, etc. Así como los pagos del aseguramiento del equipo y maquinaria de construcción, y del equipo durante su almacenamiento y montaje.

#### **3.4.1.4. Preparación del Terreno, Obra Civil e Instalación.**

Aquí se engloban las actividades referentes a limpieza y nivelación del terreno, construcción de edificios de proceso y servicios generales, erección y montaje de los equipos, levantamiento de los soportes de tubería y todas las interconexiones necesarias entre las diferentes unidades para el funcionamiento adecuado de la planta.

#### **3.4.1.5. Gastos de Arranque**

Básicamente en este rubro se considera la supervisión y entrenamiento de personal para el arranque de la planta.

#### **3.4.1.6. Infraestructura.**

En este apartado se incluye lo correspondiente a urbanización, caminos, accesos, vías de ferrocarril, alumbrado, cercas y bardas.

#### **3.4.1.7. Imprevistos.**

Se consideró para contingencias un 5% del costo de cada concepto, excepto para infraestructura y preparación de terreno, obra civil e instalación a los que se asignó un porcentaje del 10%.

### 3.4.1.8. Intereses Durante la Construcción.

Las inversiones que se realizan durante la construcción de la planta con capital externo, originan un cargo a FERTIMEX por concepto de intereses; los cuales se calcularon sobre el 50% de la inversión fija y con una tasa del 4.0% semestral.

### 3.4.1.9. Capital de Trabajo.

El capital de trabajo comprende los recursos necesarios para operar la planta satisfactoriamente; se estimó como el equivalente a 1 mes del costo de producción a capacidad plena sin depreciación.

### 3.4.2. Planta de Amoniaco

Los proyectos de amoniaco para Camargo y Lázaro Cárdenas son muy similares. Ambos emplearán la tecnología de la compañía Kellogg con una capacidad de 445,000 toneladas por año.

Este proceso es el mismo que tiene PEMEX en sus cuatro plantas instaladas en Cosoleacaque, Ver., aunque con algunas variantes de adaptación a las condiciones de las nuevas localizaciones.

PEMEX seleccionó esta tecnología por los buenos resultados operativos obtenidos y por la experiencia adquirida en la construcción de las plantas que ya están en funcionamiento normal. Además al adoptar también la misma capacidad para los nuevos proyectos se obtendrán otras ventajas como son; la estandarización de equipos y partes de repuesto.

El estimado de inversión de la planta de amoniaco que se presenta en el cuadro 11, corresponde al realizado por PEMEX a solicitud del Banco Mundial.

Actualmente se han contratado los servicios de ingeniería de la compañía Kellogg y se realiza el procuramiento de equipo y materiales a través de firmas nacionales de ingeniería.

El avance del proyecto se coordina con el de la planta de urea de FERTIMEX que usará como materias primas los productos de la planta de amoniaco.

Con respecto al programa de financiamiento, PEMEX ha mencionado que esta planta la construirá con recursos propios.

### 3.5. COSTOS DE PRODUCCION.

El costo de producción está integrado por los siguientes rubros: materias primas, mano de obra, gastos directos e indirectos, servicios auxiliares y depreciación.

#### 3.5.1. Planta de Amoniaco.

El costo de producción a capacidad plena se muestra en el cuadro 12.

##### 3.5.1.1. Materias Primas.

La materia prima que se emplea en la producción de amoniaco es el gas natural. El consumo anual de este insumo ascenderá a 9,026 millones de pies cúbicos por año (exclusivamente como materia prima).

El precio asumido para el gas natural es de 2 dls/millar de pies cúbicos y es el mismo del que gozan todas las industrias consumidoras del país.

##### 3.5.1.2. Mano de Obra.

Este rubro se estimó con base a la experiencia que tiene PEMEX en la operación de plantas similares.

##### 3.5.1.3. Gastos Directos.

Este concepto abarca: suministros de operación, reactivos, provisiones y gastos diversos.

##### 3.5.1.4. Servicios Auxiliares.

Los servicios auxiliares necesarios para operar la planta de amoniaco son: gas natural, energía eléctrica, agua de proceso,

agua de enfriamiento, catalizador, laboratorio y mantenimiento. Los factores de consumo y precio de todos éstos a excepción del mantenimiento fueron determinados en base a la operación de las actuales plantas de amoniaco de PEMEX. El mantenimiento incluyendo materiales y mano de obra se estimó como un 3% de la inversión fija descontando de ésta los derechos de importación.

#### **3.5.1.5. Gastos Indirectos.**

Los gastos indirectos se integran por las erogaciones ocasionadas por la mano de obra indirecta y la administración, ésta última se determinó como un 60% de la suma del costo de mantenimiento más el costo de mano de obra directo e indirecto.

#### **3.5.1.6. Depreciación.**

Se consideró depreciación lineal a 10 años sobre la inversión fija, excluyendo el costo del terreno dando lugar a un costo anual de 9.4 millones de dólares.

#### **3.5.1.7. Costos de Producción a Capacidad Variable.**

Se ha supuesto que antes de que la planta opere de manera continua a una capacidad del 90% deberá transcurrir un período mínimo de 2 años, durante el cual se estima que trabajará con los siguientes índices de aprovechamiento de su capacidad instalada:

70% en el primer año de operación  
80% en el segundo año  
90% en el tercer año y los siguientes.

A continuación se presenta la tabla con el desglose de costos fijos y variables, empleada en la determinación de los costos de producción a diferentes capacidades.

C O N C E P T O	COSTO ANUAL	
	COSTOS FIJOS (%)	COSTOS VARIABLES (%)
Materias primas	-	100
Mano de obra	100	-
Servicios Auxiliares		
- Gas Natural	-	100
- Agua	40	60
- Vapor	60	40
- Energía Eléctrica	70	30
- Mantenimiento	100	-
- Laboratorio	100	-
Gastos directos	100	-
Gastos indirectos	100	-
Depreciación	100	-
Catalizador	-	100

Los costos a capacidad variable se presentan en el cuadro 13.

### 3.5.2. Planta de Urea.

El costo de producción a capacidad plena se muestra en el cuadro 14, en donde el precio de amoníaco se determinó considerando el costo de producción estimado por PEMEX para sus proyectos con el precio nacional de gas natural, y adicionándole un factor de recuperación de capital del 10%. El cuadro 15, corresponde al costo de operación sin incluir la materia prima; este costo se utilizará en la evaluación económica, en la cual el análisis se realiza como complejo amoníaco-urea, es decir, se parte desde el costo de gas natural (materia prima para amoníaco).

#### 3.5.2.1. Materias Primas.

Las materias primas que se emplean en la producción de urea son amoníaco y bióxido de carbono, las cuales serán suministradas por PEMEX a través de la planta que construirá en Cd. Camargo Chihuahua.

El consumo anual de estos insumos ascenderá a 258,390 toneladas de amoníaco y 334,125 toneladas de bióxido de carbono.

#### 3.5.2.2. Mano de Obra.

El personal requerido para la operación de la planta de urea se estimó con base a la experiencia que tiene FERTIMEX en este tipo de plantas y se muestra en la figura 8.

El costo de la mano de obra se tomó de los tabuladores de sueldos y salarios vigentes en la zona.

#### 3.5.2.3. Gastos Directos.

Este renglón abarca conceptos tales como: materiales de operación, combustibles, lubricantes, reactivos, materiales de laboratorio, equipo de seguridad, papelería, artículos de aseo, seguros, fianzas, aportaciones al INFONAVIT e IMSS, previsión para mantenimiento y para prestaciones al personal. Se estimaron como 50% de la mano de obra anual más 0.5% de la inversión fija.

#### 3.5.2.4. Servicios Auxiliares.

Los servicios auxiliares necesarios para operar la planta de urea son: agua de enfriamiento, agua tratada, vapor, energía eléctrica, mantenimiento y laboratorio.

Los factores de consumo y el costo del vapor, energía eléctrica, agua de enfriamiento y agua tratada corresponden a los que se tienen en las plantas de urea de la Unidad Pajaritos Nitrogenados excepto los consumos de la Unidad de Granulación, que fueron obtenidos de la propuesta de la compañía NSM.

El costo de mantenimiento se consideró de acuerdo a la experiencia de FERTIMEX como un 4% de la inversión fija.

Para el caso del laboratorio solamente se involucra el costo de la mano de obra, ya que el costo de los reactivos y materiales queda incluido en los gastos directos.

### **3.5.2.5. Gastos Indirectos.**

Los gastos indirectos se conforman por los desembolsos ocasionados por la administración, contabilidad, vigilancia de la planta, servicios de intendencia, almacén de refacciones, servicio médico, comedor y seguridad industrial.

Para fines de estimación se consideró que los gastos indirectos representan un 5% de la suma de los rubros anteriores.

### **3.5.2.6. Depreciación y Amortización.**

Se consideró depreciación lineal a diez años, sobre la suma de la inversión fija y los intereses preoperativos. En los costos de producción para la evaluación económica, no se considera este concepto.

### **3.5.2.7. Costos de Producción a Capacidad Variable.**

Antes de que la planta opere de manera continua con un índice de aprovechamiento de la capacidad instalada del 90%, deberá transcurrir de acuerdo a la experiencia de FERTIMEX, un período de 2 años en el cual se estima que la planta trabajará con los si-

guientes porcentajes de aprovechamiento de la capacidad instalada:

- 70% en el primer año de operación.
- 80% en el segundo año.
- 90% en el tercer año y subsecuentes.

A continuación se presenta la tabla con los desgloses de costos fijos y variables, empleada en la determinación de los costos de producción a diferentes capacidades.

C O N C E P T O	COSTO ANUAL	
	COSTOS FIJOS (%)	COSTOS VARIABLES (%)
Materias primas	-	100
Mano de obra	100	-
Servicios Auxiliares		
- Agua	40	60
- Vapor	60	40
- Energía Eléctrica	70	30
Mantenimiento	100	-
Laboratorio	100	-
Gastos directos	100	-
Gastos indirectos	100	-
Depreciación	100	-

Los costos de producción de urea a capacidad variable y evaluando el amoníaco a su costo de fabricación más un factor de recuperación del capital, se presentan en el cuadro 16. Los costos de operación de urea a capacidad variable sin incluir materia prima, los cuales se usarán en la evaluación económica, se presentan en el cuadro 17.

### 3.6. Programa de Realización.

De acuerdo a la experiencia de FERTIMEX y conforme a las estimaciones de la compañía poseedora de la tecnología, se estableció un programa de realización para el proyecto, el cual suma cuarenta y ocho meses en total contados a partir del avance alcanzado en ingeniería y procuramiento hasta 1987.

En la figura 9 se muestra el programa de realización del proyecto por actividades.

Lo erogado a julio de 1987 asciende a 14.6 millones de dólares. Estimándose desembolsar en lo que falta del año 0.7 millones de dólares. El total que se habrá erogado hasta 1987 representa aproximadamente un 10% de la inversión fija estimada.

#### 4. ESTUDIO FINANCIERO

La realización de este estudio muestra cual será la rentabilidad que genere la planta de urea durante la vida útil de la misma.

La evaluación financiera se inicia a partir de un estado de resultados proforma que indica por una parte los ingresos y por otra los costos y otros egresos derivados de la ejecución y funcionamiento de la planta durante los diez años de vida útil estimados para ésta.

Dicho estado de resultados está elaborado a precios constantes de Septiembre de 1987 (cuadro 18).

##### 4.1. ESTADO DE RESULTADOS.

Este estado contable proporciona de manera aproximada el comportamiento que tendrá el proyecto, durante su vida útil. La utilidad está expresada por la diferencia entre los ingresos originados a través de la venta de urea y la suma de los egresos, la cual está constituida por los rubros siguientes: costos de producción, gastos totales (administración, comercialización y financieros), impuestos sobre la renta y reparto de utilidades.

La diferencia entre los ingresos por venta y los costos de producción da como resultado la utilidad bruta a la cual se le descuentan los gastos totales para obtener la utilidad previa. Para efectos de este cálculo, se estima un 35% correspondiente al impuesto sobre la renta, debido a que la evaluación es a pesos constantes; y un 8% por concepto de reparto de utilidades.

##### 4.1.1. Determinación de los Ingresos.

Los ingresos provienen de la venta de urea en el mercado nacional. Para este cálculo se multiplicó el precio de venta nacional de la urea\*, por la producción que se ha estimado para cada año, de acuerdo a los porcentajes de utilización de la capacidad instalada que son: 70% en el primer año, 80% en el segundo y 90% a partir del tercer año de operación.

-----  
\* Precio de venta a granel 202,595 pesos/ton (130.96 dls/ton). Este valor considera los incrementos de precios en términos reales que se indican en el Programa de Reconversión de la Industria.

#### **4.1.2. Costos de Producción.**

Para el cálculo de los costos de producción se tomaron al igual que para las ventas, los mismos porcentajes crecientes de aprovechamiento de la capacidad instalada. Al aumentar la capacidad de producción, el costo unitario disminuye.

#### **4.1.3. Gastos Totales.**

##### **a) Gastos de administración.**

Este rubro incluye los cargos de administración (mano de obra, materiales de oficinas, viáticos, etc.) en oficinas generales que son asignados a la planta, y que de acuerdo con los registros contables de la Empresa se estimaron como un 5.3% de los ingresos totales.

##### **b) Gastos de comercialización.**

En este apartado quedan incluidas todas las erogaciones que tiene que efectuar la Empresa por concepto de almacenamiento de la urea, envasado, maniobras de carga, así como el flete, comisiones y bonificaciones en los que incurre FERTIMEX al comercializar su producto.

##### **c) Gastos financieros.**

Los gastos financieros se calcularon sobre el financiamiento externo que corresponde al 50% de la inversión fija más los intereses durante la construcción; utilizando para ello una tasa de interés semestral del 4% y un período de pago de diez años.

Se estima que el proyecto será financiado en 8 ministraciones semestrales con el propósito de no incurrir en gastos financieros innecesarios.

El total de los gastos financieros así como los intereses durante la construcción causados por las ministraciones aparecen en el cuadro 19.

#### **4.1.4. Utilidades.**

Los resultados del proyecto indican que no existen utilidades en toda la vida útil de las instalaciones.

Para resolver lo anterior, se realizó un análisis de sensibilidad con la finalidad de encontrar el precio de urea, con el cual se logre una tasa de rentabilidad del 7% aproximadamente (criterio fijado por el Banco Mundial). Y se obtuvo que comercializando la urea a 400,000 pesos/tonelada, se logra una tasa interna de retorno de 6.58%; la cual se consideró aceptable, (ver cuadro 20).

## 5. ESTUDIO ECONOMICO

El estudio económico evalúa desde un punto de vista global la factibilidad del proyecto para el país. Este estudio se realizó considerándolo como un complejo amoníaco-urea.

Al elaborar el análisis económico, los ingresos totales se determinaron de las ventas de urea más las ventas del amoníaco sobrante después de cubrir las necesidades de producción de urea.

Los gastos totales están constituidos en los primeros 4 años por las partidas de capital y los siguientes diez por el costo de producción de amoníaco, el costo de operación de urea (sin incluir depreciación ni amortización) y los gastos de operación, para obtener de esta manera el flujo de efectivo, a partir del cual se calculó la tasa interna de retorno, que es el índice de análisis para el presente estudio. Cuadro 21.

### 5.1. INGRESOS TOTALES.

El precio utilizado para la urea es de 400,000 pesos/tonelada de producto y el precio para el amoníaco se estimó a partir de la proyección de precios internacionales que suministró el Banco Mundial, la forma y valor obtenido se presenta en el cuadro 22.

### 5.2. GASTOS TOTALES.

Los gastos totales fueron calculados bajo tres renglones:

#### a) Partidas de capital.

Bajo este rubro se consideró el total de la inversión fija de las plantas de urea y amoníaco excluyendo derechos de importación del equipo extranjero y del componente importado en el equipo nacional, así como el impuesto al valor agregado (IVA) del equipo nacional, distribuida en 4 partidas anuales.

#### b) Costos de operación.

Los costos de producción no incluyen depreciación ni amortización.

### **c) Gastos totales.**

Gastos de administración.- Se tomaron las mismas bases utilizadas en el estudio financiero, a diferencia de que se incluyó un 5.3% de los excedentes de amoníaco que se venderán para otros usos.

### **5.3. FLUJO DE EFECTIVO.**

El flujo de efectivo es la diferencia de los ingresos y los gastos totales. No incluye el reparto de utilidades, el impuesto sobre la renta ni los pagos de capital, estos últimos debido a que la evaluación se realiza sobre la inversión fija.

#### **5.3.1. Tasa Interna de Retorno.**

El flujo de efectivo de la evaluación económica, se calculó a valor presente, resultando una tasa de retorno de 20.80%. Lo cual significa que la inversión resulta atractiva para el país.

Los beneficios que aportará el proyecto para el país, son entre otros: la disponibilidad de un fertilizante concentrado con mejores características para el agricultor, la sustitución de importaciones con el consecuente ahorro de divisas y la generación de 379 empleos.

### **5.4. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.**

El análisis de sensibilidad tiene por objeto visualizar y evaluar la variación del rendimiento del proyecto en función de cambios en determinados parámetros considerados en el estado de resultados.

Para este proyecto el análisis de sensibilidad en el estudio económico consistió primeramente en incrementar un 20% la inversión de la planta de amoníaco. Los resultados obtenidos fueron:

PRECIO	TASA INTERNA DE RETORNO
Caso base	20.80%
Inversión de amoniaco 20% mayor	19.30%

Como se observa el proyecto muestra una ligera sensibilidad a la variación de este concepto.

Por otra parte se realizó sensibilidad en función de la variación del precio base del gas natural de 2 dólares/millar de pie<sup>3</sup>. El precio considerado para este insumo fue de 2.5 dólares/millar de pie<sup>3</sup>. La tasa de rendimiento obtenida fue:

PRECIO DEL AMONIACO CON PRECIO DEL GAS NATURAL DE:	TASA INTERNA DE RETORNO
--	-------------------------

2 dls/Millar de pie <sup>3</sup> (caso base)	20.80%
2.5 dls/Millar de pie <sup>3</sup>	19.76%

También se observa que este proyecto presenta una ligera sensibilidad a la variación en el precio de la materia prima.

Finalmente se consideró que el proyecto pudiera realizarse en 3 años, resultando la siguiente tasa de retorno:

TIEMPO DE EJECUCION DEL PROYECTO	TASA INTERNA DE RETORNO
4 Años (caso base)	20.80%
3 Años	24.74%

Como se puede observar el proyecto es muy sensible al tiempo de ejecución; ya que la variación de la tasa interna de retorno, en comparación con el caso base es de 3.94 puntos porcentuales.

De los resultados obtenidos se concluye que el proyecto resulta atractivo para el país, ya que aún la tasa más desfavorable que pudiera presentarse es aceptable: 19.30%, por esta razón se recomienda la terminación de este proyecto, resultando con mayor rentabilidad en caso de realizarse en un periodo de 3 años.

## VI.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

- La urea es un producto que a partir de 1963, ha ganado terreno notablemente en el consumo nacional de fertilizantes; debido, entre otros factores a una mayor disponibilidad interna y a sus mejores características económicas en comparación con productos como el sulfato de amonio y el nitrato de amonio.
- Su contribución dentro del consumo nacional de fertilizantes nitrogenados representó en promedio, durante los últimos cinco años el 38.8%.
- FERTIMEX puso en operación, durante el período 1980-1984 plantas de urea de gran capacidad, lográndose la autosuficiencia. Actualmente cuenta con instalaciones aptas para producir 1.7 millones de toneladas por año de producto, ubicadas en tres áreas del país: Istmo (73%), Bajío (23%) y Norte (4%).
- Durante el período 1974-1986 el consumo nacional de urea se incrementó de 304 miles de toneladas a 1.3 millones de toneladas de producto, equivalente a una tasa media de crecimiento anual del 13%.
- Para 1986, los principales estados consumidores fueron: Sinaloa, Guanajuato, Jalisco, Sonora, Veracruz y Chihuahua; que en conjunto demandaron el 56.3% del total nacional.
- Atendiendo a la distribución geográfica de la demanda, las zonas que en 1974-1986 mostraron la mayor participación promedio en el consumo nacional fueron las siguientes: Pacífico-Norte (17.5%), Noroeste (16.2%), Bajío (13.5%), Occidente (10%), Norte (9.2%) y Otras (33.6%).
- De 1974 a 1986 la producción interna de urea creció a una tasa media anual de 11.9% pasando de 336 miles de toneladas a 1.3 millones de toneladas de producto, respectivamente.
- Debido al gran dinamismo que experimentó este producto en la década pasada se espera que la demanda nacional evolucionará de 1.2 millones a 2.3 millones de toneladas de producto entre 1987-1995, equivalente a una tasa media anual del 8.4%.

- Durante el período 1987-1995 el área norte demandará el 46% del consumo nacional total, le sigue la región comprendida por las Zonas Bajío y Occidente, con el 26%, en tercer término está el área Suroriental (Zonas Centro-Sur, Golfo, Sur y Peninsular) con el 20% y por último el área Central Occidental (Pacífico-Sur y Centro) con el 8% restante.
- Sin embargo con las instalaciones actuales se espera obtener una producción de 1.4 millones de toneladas al año, originándose déficits a partir de 1988 y hasta 1995 que van de 11 miles de toneladas hasta 893 miles de toneladas, lo cual hace ver la necesidad de ampliar la capacidad productiva para estar en condiciones de atender los requerimientos futuros, tratando al mismo tiempo de optimizar la localización de las nuevas instalaciones.
- Históricamente ha prevalecido una marcada diferencia entre la ubicación geográfica de la oferta y la demanda, esta problemática ocasiona el operar con altos costos de distribución por tener que desplazar el producto de la región ístmica, principal centro productor, hasta el área norte del país que es la zona de consumo más importante.
- Las materias primas necesarias para la fabricación de urea son amoníaco y bióxido de carbono. PEMEX, tiene considerado dentro de su programa la implantación de dos proyectos de amoníaco, el primero localizado en Cd. Camargo, Chih. y el segundo en Lázaro Cárdenas, Mich.; con una capacidad cada uno de 445 miles de toneladas por año de producto. Con estos dos proyectos se garantizará el suministro a plantas de urea futuras que contemple FERTIMEX.
- Contando con instalaciones productoras de amoníaco, se tiene resuelto el abastecimiento del bióxido de carbono, debido a que se obtiene como subproducto, ya que su transportación y manejo a grandes distancias es difícil y costoso.
- Con respecto a su precio nacional, la urea presentó su mayor incremento entre 1982 y 1987 que fue de 1349%, al alcanzar el valor de 88,000 pesos/tonelada (57 USD) de producto envasado en este último año; sin embargo, a pesar de esto, el precio que actualmente opera en el país presenta ventajas competitivas con respecto al que rige en el panorama mundial (90 USD/tonelada).

- Si se implementan los proyectos de urea en Camargo y Michoacán, con una capacidad de 495 miles de toneladas de cada uno, FERTIMEX contará con una capacidad instalada de 2.7 millones de toneladas por año de urea, suficiente para satisfacer la demanda de 1993 a 1995.
- Estos proyectos abastecerán la zona Norte del país que es la que presenta mayores problemas de déficit, resolviendo así el problemas de logística y distribución ocasionados por la ubicación de la capacidad actual.
- De acuerdo a un modelo de transporte se espera que el proyecto en Cd. Camargo, Chihuahua cubrirá las necesidades de los estados de Durango, Coahuila, Chihuahua y un sector de Sinaloa.
- Es importante recalcar que de acuerdo a los pronósticos, aún con los proyectos en Camargo y Lázaro Cárdenas se presentarán en un futuro déficits por lo que sería importante pensar en un proyecto adicional.
- La urea se produce comercialmente, haciendo reaccionar amoniaco líquido (NH<sub>3</sub>) con bióxido de carbono gaseoso (CO<sub>2</sub>) dando lugar a la formación de carbamato de amonio, producto intermedio, de cuya deshidratación se obtiene la urea.
- La urea grado agrícola que fabricará FERTIMEX es un sólido cristalino, granulado, de color blanco, con un contenido mínimo de nitrógeno del 46%.
- Los procesos preferidos en la actualidad son los de recirculación total debido a su flexibilidad.
- De las tecnologías disponibles se eligió el proceso de recirculación total de stripping con amoniaco que suministra la compañía italiana Snamprogetti. Con objeto de mejorar las características de manejo de la urea a granel se decidió adoptar la granulación, etapa para la que se usará el proceso de la compañía Nederlandse Stikstof Maatschappij (NSM) de Bélgica.
- Las ventajas que presenta el proceso Snamprogetti son: mínima formación de biuret a elevada temperatura, reducción de la corrosión al equipo, disminución de las pérdidas de amoniaco en los gases de venteo, flexibilidad en la relación de alimentación al proceso, sistema de control menos sofisticado, equipo de menor tamaño en algunas secciones, uso de eyector sin partes móviles en la sección de recirculación que disminuye el mantenimiento, evita el uso de costosas bombas recíprocas, al mismo tiempo que permite que el equipo pueda instalarse en un arreglo horizontal.

- La ventaja del proceso de granulación NSM de utilizar una solución de urea con una concentración de 95-96%, en lugar de urea fundida al 99% como es el caso de otros procesos, permite eliminar la última etapa de concentración, reduciendo así los consumos de vapor y agua de enfriamiento. Por otro lado, el granulador no presenta partes móviles lo cual prolonga la operación continua del mismo, además de representar un ahorro significativo de energía.
- La producción de urea se lleva a cabo en cuatro etapas principales; a) síntesis de urea y recuperación a elevada presión, b) purificación y recuperación de urea a baja presión, c) concentración y d) granulación.
- En el proceso Snamprogetti se han resuelto satisfactoriamente los problemas de contaminación ambiental que presentan las plantas de urea como son: amoníaco que se escapa en los venteos de gases inertes, y efluentes líquidos con cantidades significativas de amoníaco y urea. Con respecto a la sección de granulación, la inclusión de lavadores de tipo húmedo permite mantener una eficiencia constante del 98%, lo cual significa que la emisión de polvos de urea hacia la atmósfera, cumple con las legislaciones ambientales mundiales. Ningún efluente líquido de esta sección se tira al drenaje.
- Con objeto de optimizar la localización de los proyectos nitrogenados el Banco Mundial sugirió el análisis completo de varias alternativas para la ubicación de los proyectos de urea. Cada alternativa de inversión se evaluó a través de una tasa interna de rentabilidad (TIR) económica, cuyas diferencias se pueden atribuir principalmente a factores como:
  - Localización de las zonas de consumo
  - Infraestructura requerida
  - Localización de los proyectos de amoníaco

Como resultado del estudio de las diferentes alternativas se constató que los mejores sitios para la construcción de las plantas de urea son Lázaro Cárdenas, Michoacán y Cd. Camargo, Chihuahua.

- El tamaño de planta seleccionada para los proyectos propuestos de 495,000 toneladas por año, permitirá a FERTI-MEX cubrir los incrementos en la demanda nacional.

Además de los aspectos de mercado, en la selección del tamaño del proyecto, intervienen las economías de escala; las cuales para una planta de urea son moderadas, sin embargo, las que se obtienen en la fabricación de

amoníaco son significativas. Por lo tanto, en un complejo amoníaco-urea las economías de escala combinadas de las dos plantas son importantes.

Al contar FERTIMEX, con plantas que arrancaron recientemente y que poseen la misma capacidad y tecnología se tendrán ahorros por conceptos de licencia, ingeniería, estandarización de equipos y refacciones, además de aprovechar la experiencia adquirida en la construcción de las instalaciones.

- La inversión total para el proyecto asciende a 179.478 millones de dólares U.S., desglosada de la siguiente manera:

CONCEPTO	MILES DE DOLARES U.S.
- Costo base	147,479
- Imprevistos	9,171
	-----
INVERSION FIJA	156,650
- Intereses durante la construcción	18,965
- Capital de trabajo	3,863
	-----
INVERSION TOTAL	179,478

- Debido a que la evaluación económica del proyecto se debe realizar considerándolo como un complejo amoníaco-urea, se incluyeron en el estudio técnico los datos de inversión y costos de producción de la planta de amoníaco proporcionados por PEMEX, que es la entidad responsable de la construcción de dicha planta.
- Los proyectos de amoníaco para Camargo y Lázaro Cárdenas son muy similares. Ambos emplearán la tecnología de la Compañía Kellogg con una capacidad de 445 miles de toneladas por año.
- PEMEX seleccionó esta tecnología por los buenos resultados operativos obtenidos y por la experiencia adquirida en la construcción de las plantas que ya están en funcionamiento normal en Cosoleacaque, Ver.
- Con respecto al programa de financiamiento PEMEX ha mencionado que esta planta la construirá con recursos propios.

- El estimado de inversión de la planta de amoníaco asciende a 94.6 millones de dólares y corresponde al realizado, por PEMEX a solicitud del Banco Mundial.
- El costo de producción de amoníaco está integrado por los siguientes rubros: materias primas, mano de obra, gastos directos, indirectos, servicios auxiliares y depreciación. El costo de producción a capacidad plena con un precio del gas natural de 2 dls/millar de pies cúbicos (caso base), fue de 106.6 dls/tonelada.
- El costo de producción de urea considera los mismos rubros que el costo de amoníaco, y resultó ser a plena capacidad de 133.1 dls/tonelada.
- Adicionalmente se calculó el costo de operación de urea sin incluir la materia prima y depreciación; este costo se utilizó en la evaluación económica, en la cual el análisis se realiza como complejo amoníaco-urea, es decir, se parte desde el costo del gas natural (materia prima para amoníaco). El costo de operación de urea a plena capacidad fue de 24.6 dólares/tonelada.
- De acuerdo a la experiencia de FERTIMEX y conforme a las estimaciones de la compañía poseedora de la tecnología, se estableció un programa de realización para el proyecto, el cual suma carenta y ocho meses en total contados a partir del avance alcanzado en ingeniería y procuramiento hasta 1987.
- El estudio financiero muestra la rentabilidad de la inversión propia que genere el proyecto durante la vida útil del mismo. Este estado contable se elaboró a precios constantes de septiembre de 1987, obteniéndose una tasa interna de retorno negativa, debido esencialmente a que el precio de venta nacional de urea considerado en el Programa de Reconversión Industrial representa tan sólo 72% del precio internacional (CIF) proyectado por el Banco Mundial para 1992 en términos constantes de 1985.
- El precio al cual se obtiene una tasa interna de rendimiento aceptable (6.58%, de acuerdo a los criterios del Banco Mundial) es de 400,000 \$M.N./tonelada equivalente a 258.56 dls. U.S./tonelada.
- El estudio económico indica la rentabilidad que tiene el proyecto para el país. Este estudio se realizó considerando como un complejo amoníaco-urea. Los ingresos totales se determinaron de las ventas de urea más las ventas del amoníaco sobrante después de cubrir las necesidades de producción de urea. El flujo de efectivo

evaluación económica reportó una tasa de rendimiento del 20.8%. Lo cual significa que la inversión resulta atractiva para el país.

- Los beneficios que aportará el proyecto para el país, son entre otros: la disponibilidad de un fertilizante concentrado con mejores características para el agricultor, la sustitución de importaciones con el consecuente ahorro de divisas y la generación de 379 empleos.
- El análisis de sensibilidad tiene por objeto visualizar y evaluar la variación del rendimiento del proyecto, en función de cambios en determinados parámetros considerados en el estado de resultados.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CASO	TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICA
BASE (2dls/millar pie <sup>3</sup> y 4 años de ejecución)	20.80%
INVERSION DE AMONIACO 20% MAYOR	19.30%
PRECIO DEL GAS NATURAL 2.5 dls/ millar de pie <sup>3</sup>	19.76%
3 AÑOS PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO	24.74

El proyecto muestra una ligera sensibilidad a la variación en la inversión de amoniaco, al precio de la materia prima y una significativa sensibilidad al tiempo de ejecución del proyecto; sin embargo, la tasa más baja obtenida resulta atractiva, por esta razón se recomienda la terminación del proyecto, resultando con mayor rentabilidad en caso de realizarse en un período de 3 años.

## VII. BIBLIOGRAFIA

Stanton, William J. Fundamentos de Mercadotecnia. Ed. McGraw Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. 8a. edición. México, 1989.

Anzo, José Luis et al. Situación Actual y Perspectivas de la Industria de la Urea a Nivel Mundial. Ed. Asociación para el Desarrollo de la Industria de los Fertilizantes en América Latina. 1a. edición. México, 1987.

Anzo, José Luis et al. Situación Actual y Perspectivas de la Industria del Amoníaco a Nivel Mundial. Ed. Asociación para el Desarrollo de la Industria de los Fertilizantes en América Latina. México, 1986.

Fertilizer Manual. International Fertilizer Development Center. United Nations Industrial Development Organization. Ed. IFDC. U.S.A., 1979.

Baca, Gabriel. Evaluación de proyectos. Ed. McGraw Hill. 2a. edición. México, 1990.

Manual de Proyectos de Desarrollo Económico. CEPAL. Ed. Naciones Unidas. México, 1958.

Green Markets. McGraw Hill. Washington. Agosto, 1987.

Programa de Reconversión de la Industria de los Fertilizantes. Subgerencia de Programación, Gerencia de Planeación. FERTIMEX. México, 1987.

Urea. Chemical Economial Handbook. SRI International. U.S.A., 1987.

Revamping urea plants. Nitrogen No. 157. Septiembre-octubre 1985. Ed. British Sulphur. England, 1985. Páginas 37-42.

**VIII. ANEXO ESTADISTICO**

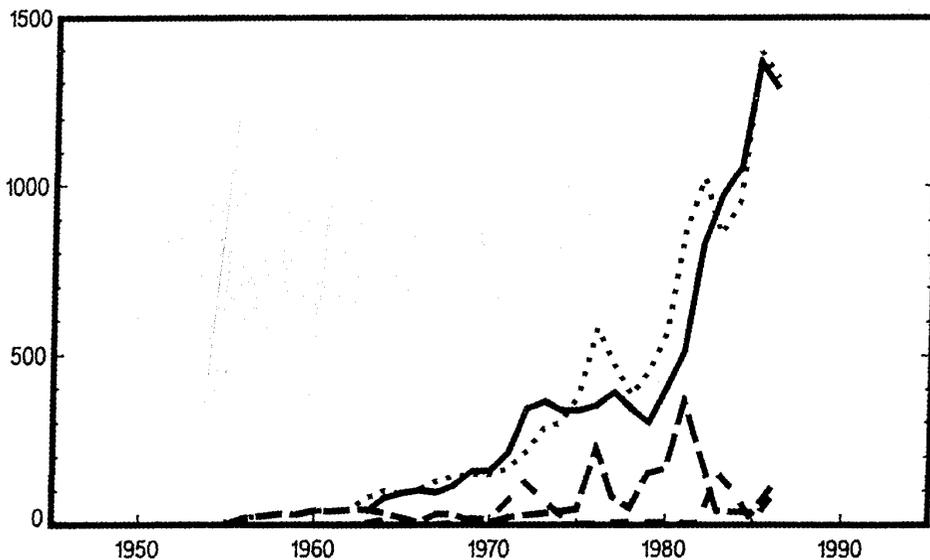
## RELACION DE FIGURAS

1. Demanda histórica de urea 1955-1990
2. Balance Nacional de urea 1987-1995
3. Utilización de las materias primas en una planta de urea de 495 miles de toneladas por año y de una planta de amoníaco de 445 miles de toneladas por año.
4. Comparación de tasas de crecimiento de algunos insumos de uso agrícola de 1974-1986.
5. Diagrama de flujo de urea del Proceso Snamprogetti.
6. Diagrama de flujo de la sección de granulación del Proceso NSM.
7. Gráfica de economías de escala para plantas de urea.
8. Organigrama de la planta de urea.
9. Programa de trabajo para la realización del Proyecto de Camargo.

# DEMANDA HISTORICA DE UREA (MILES DE TONELADAS DE PRODUCTO)

PRODUCCION      IMPORT.      EXPORT.      CONSUMO APARENTE

—————      - - - - -      - - - - -      ······



AÑOS  
FIGURA 1

# BALANCE NACIONAL DE UREA

OFERTA PLANTAS  
ACTUALES

DEMANDA

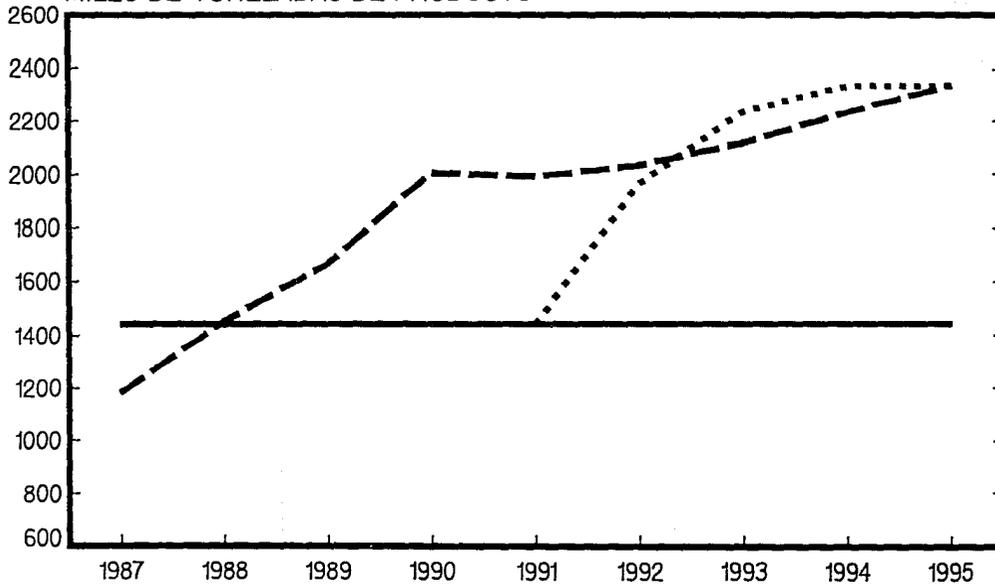
OFERTA PLANTAS ACTUALES  
Y PROYECTOS EN  
CONSTRUCCION

—————

- - - - -

.....

MILES DE TONELADAS DE PRODUCTO



AÑOS  
FIGURA 2

UTILIZACION DE LAS MATERIAS PRIMAS EN UNA PLANTA DE UREA DE  
495 MIL t.p.a. Y UNA PLANTA DE AMONIACO DE 445 MIL t.p.a.  
(Miles de t.p.a.)

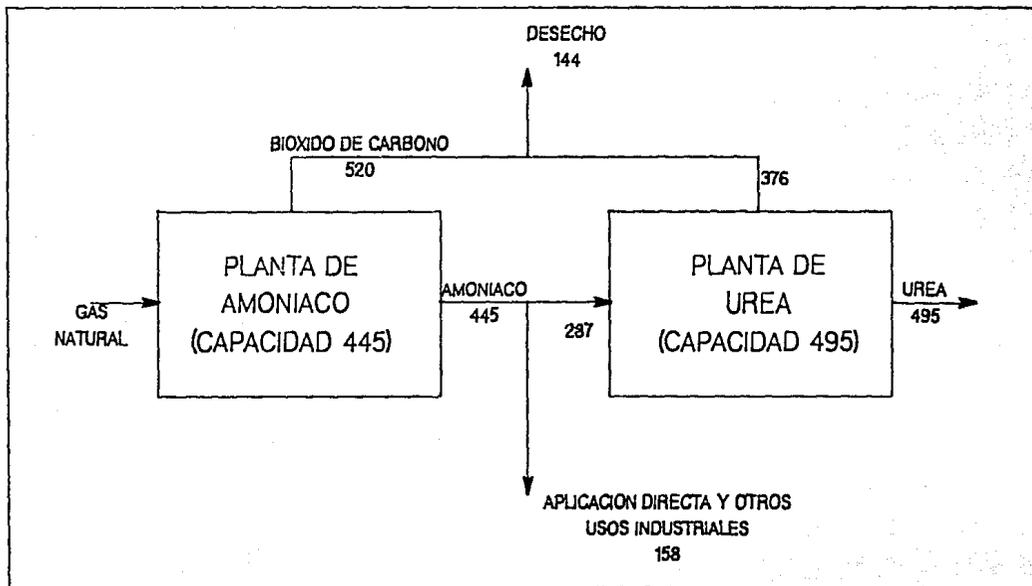


FIGURA 3

# COMPARACION DE TASAS DE CRECIMIENTO DE ALGUNOS INSUMOS AGRICOLAS (1974-1986)

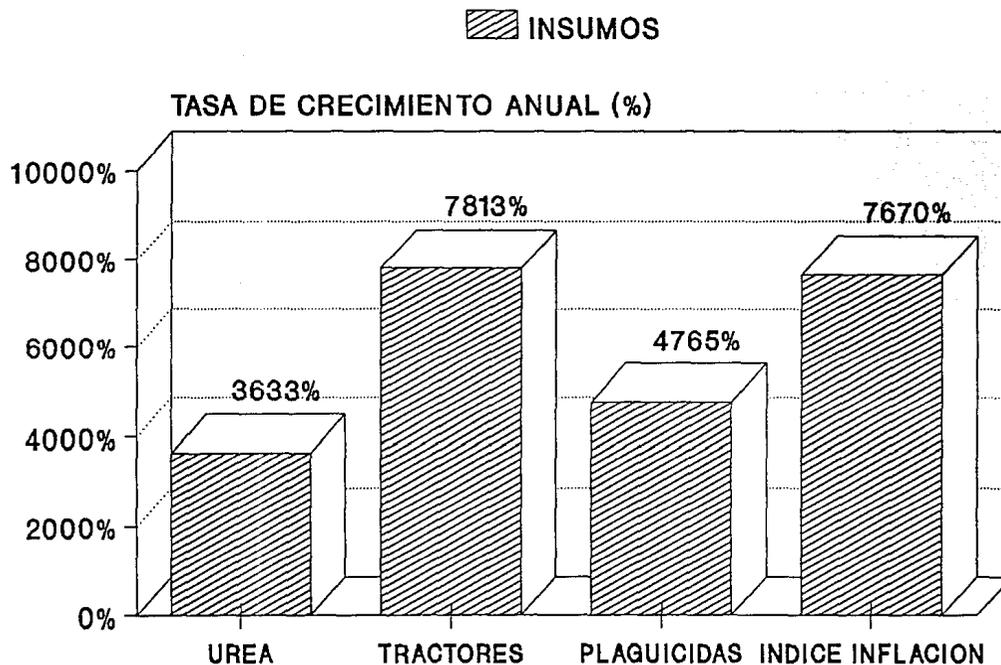


FIGURA 4



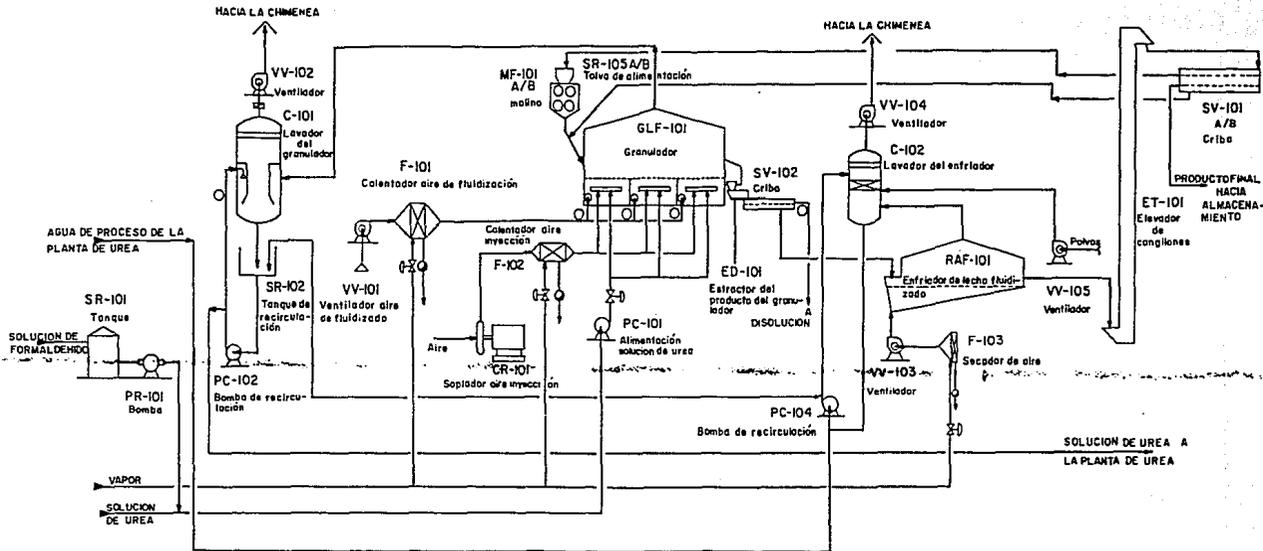


FIGURA 6

DIAGRAMA DE FLUJO

SECCION DE GRANULACION 1500 tpd  
 PROCESO NSM

TESIS PROFESIONAL: Mg. ANDREA SANDOVAL CRUZ

FECHA: AGOSTO DE 1988

# GRAFICA DE ECONOMIA DE ESCALA PLANTA DE UREA

— \* —

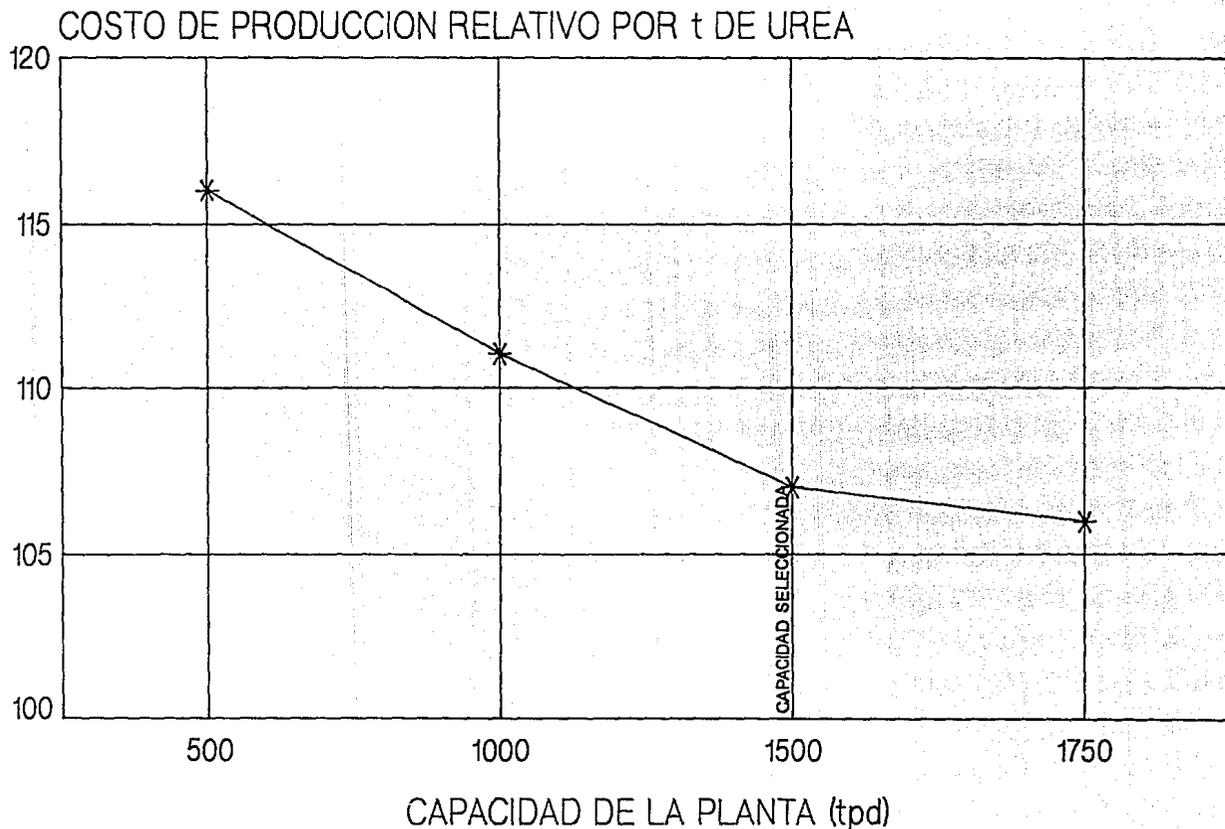
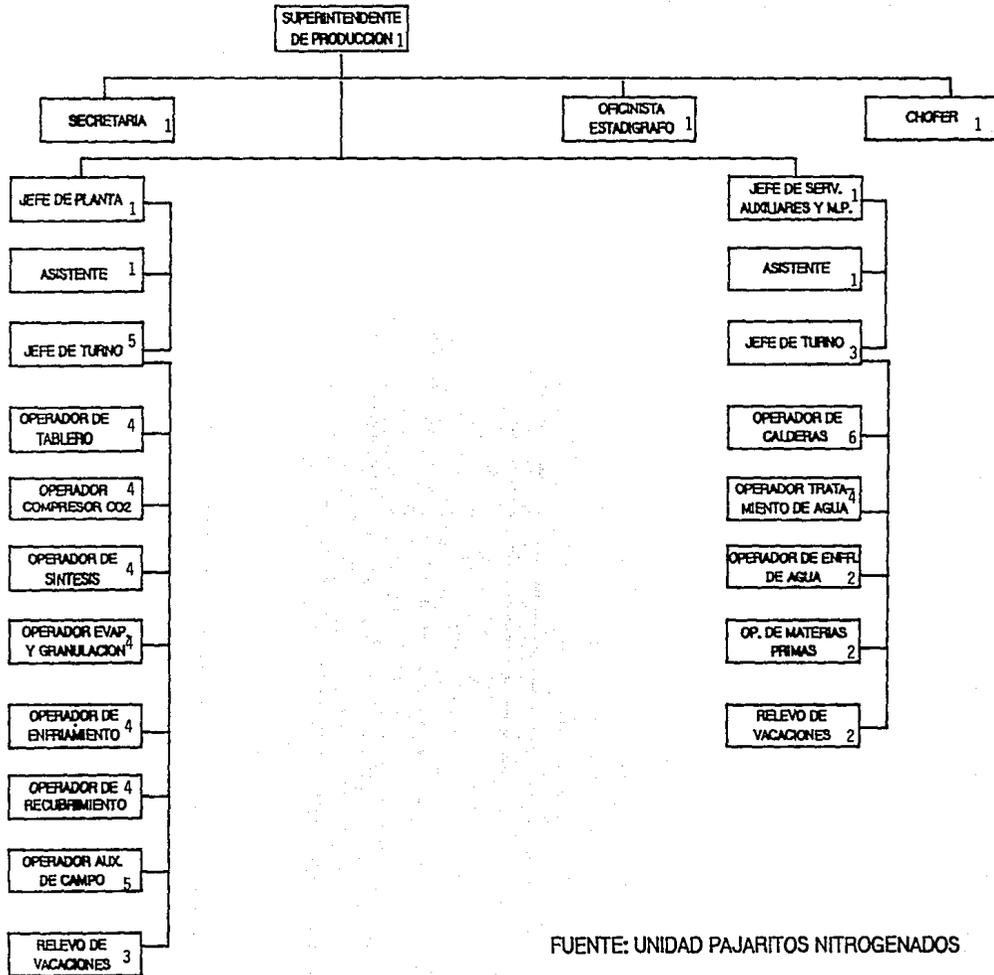


FIGURA 7

495.000 tpa.



FUENTE: UNIDAD PAJARITOS NITROGENADOS

6.3

PROGRAMA DE REALIZACION PARA EL PROYECTO EN CAMARGO. PLANTA DE UREA,  
 CONSIDERANDO EL AVANCE ALCANZADO EN INGENIERIA Y PROCURAMIENTO.

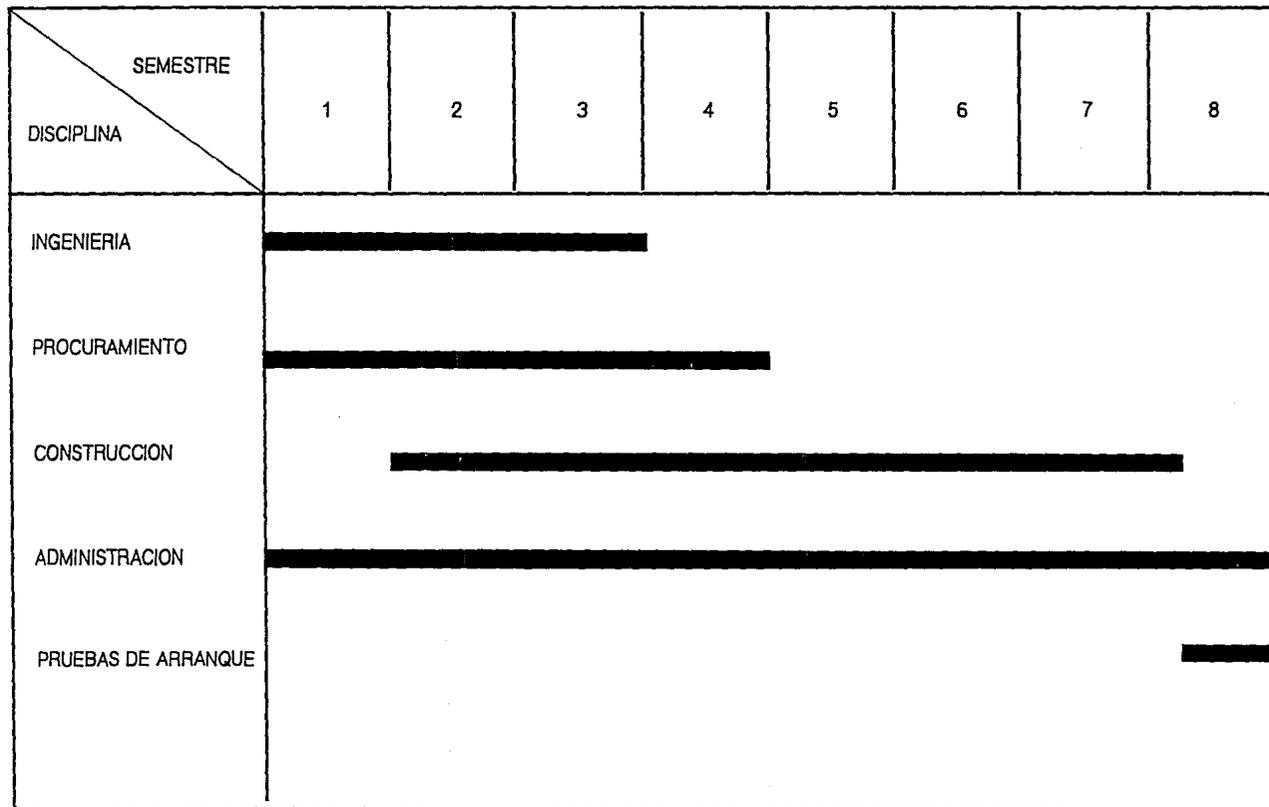


FIGURA 9

## RELACION DE CUADROS

1. Demanda estimada de urea, nacional y por zonas 1987-1995
2. Producción esperada de urea en plantas actuales y proyectos en planeación 1987-1995
3. Balance Nacional de urea
4. Balance oferta-demanda de amoníaco anhidro
5. Comparación de precios de urea y productos agrícolas
6. Comparación del índice de precios de varios insumos agrícolas
7. Balance de urea en la zona norte
8. Distribución óptima de la oferta por zona-estado
9. Estimado de inversión de la planta de urea en miles de dólares
10. Estimado de inversión de la planta de urea en millones de pesos
11. Estimado de inversión de la planta de amoníaco
12. Costo de producción de la planta de amoníaco
13. Costo de producción a capacidad variable de la planta de amoníaco
14. Costo de producción de la planta de urea
15. Costo de operación de la planta de urea
16. Costo de producción anuales a capacidad variable de la planta de urea
17. Costos de operación anuales a capacidad variable de la planta de urea
18. Evaluación financiera de la planta de urea
19. Programa de pagos de capital y gastos financieros de la planta de urea
20. Evaluación financiera de la planta de urea

21. Evaluación económica del complejo amoníaco-urea
22. Determinación del precio de oportunidad para el amoníaco

DEMANDA ESTIMADA DE UREA, NACIONAL Y POR ZONAS 1987-1995  
Miles de toneladas de producto

CUADRO 1

ZONA	AÑO	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
DEMANDA NACIONAL		1,182	1,455	1,666	2,007	1,992	2,036	2,120	2,233	2,337
Pacífico-Norte		179	228	262	315	313	319	333	351	367
Noroeste		124	228	261	316	312	320	333	351	367
Bajo		171	237	271	327	325	332	346	364	381
Occidente		143	137	157	189	187	191	198	210	219
Norte		96	130	149	179	177	182	189	199	208
Centro-Sur		103	100	115	138	138	141	147	154	161
Del Golfo		69	105	120	145	143	146	152	161	168
Sur		46	81	93	112	111	115	119	125	130
Pacífico-Sur		68	70	80	96	96	98	102	107	113
Centro		80	52	60	72	72	73	76	80	85
Noreste		48	62	70	84	84	85	89	94	98
Centro-Norte		39	15	16	20	20	20	21	22	24
Peninsular		16	10	12	14	14	14	15	15	16

FUENTE: GERENCIA DE PLANEACION

FERTIMEX

Agosto, 1987

PRODUCCION ESPERADA DE UREA EN PLANTAS ACTUALES Y PROYECTOS EN PLANEACION 1987-1995

Miles de toneladas de producto

CUADRO 2

UNIDAD	AÑO	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<b>PLANTAS ACTUALES</b>										
Unidad Bajío		270	264	264	264	264	264	264	264	264
Unidad Camargo		80	75	75	75	75	75	75	75	75
Unidad Minatitlán		215	215	215	215	215	215	215	215	215
Unidad Pajaritos N.		880	890	890	890	890	890	890	890	890
Subtotal		1,445	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444
<b>PROYECTOS EN CONSTRUCCION</b>										
Camargo		0	0	0	0	0	260	396	446	446
Lázaro Cárdenas		0	0	0	0	0	260	396	446	446
Subtotal		0	0	0	0	0	520	792	892	892
<b>TOTAL</b>		<b>1,445</b>	<b>1,444</b>	<b>1,444</b>	<b>1,444</b>	<b>1,444</b>	<b>1,964</b>	<b>2,236</b>	<b>2,336</b>	<b>2,336</b>

FUENTE: DIRECCION DE OPERACION INDUSTRIAL

FERTIMEX

Agosto, 1987

**BALANCE NACIONAL DE UREA**  
Miles de toneladas de producto

**CUADRO 3**

AÑOS	PRODUCCION DE PLANTAS ACTUALES	DEMANDA	BALANCE I	PRODUCCION DE PROYECTOS EN CONSTRUCCION	BALANCE II
1987	1,445	1,182	263	0	263
1988	1,444	1,455	(11)	0	(11)
1989	1,444	1,666	(222)	0	(222)
1990	1,444	2,007	(563)	0	(563)
1991	1,444	1,992	(548)	0	(548)
1992	1,444	2,036	(592)	520	(72)
1993	1,444	2,120	(676)	792	116
1994	1,444	2,233	(789)	892	103
1995	1,444	2,337	(893)	892	(1)

FUENTE: GERENCIA DE PLANEACION  
FERTIMEX

Agosto, 1987



## COMPARACION DE PRECIOS DE UREA Y PRODUCTOS AGRICOLAS \*\*\*

CUADRO 6

AÑO	PRODUCTO AGRICOLA	PRECIOS DE GARANTIA *	PRECIOS DE UREA **	RELACION
1972	Maiz	870	2,063	3.41
	Trigo	910		3.26
	Frijol	1,750		1.80
1976	Maiz	2,420	4,332	1.79
	Trigo	2,050		2.11
	Frijol	4,875		0.89
1977	Maiz	2,900	5,441	1.88
	Trigo	2,050		2.86
	Frijol	4,750		1.15
1978	Maiz	2,900	6,303	2.20
	Trigo	2,900		2.46
	Frijol	8,000		0.80
1979	Maiz	2,900	6,303	2.20
	Trigo	3,000		2.13
	Frijol	8,000		0.80
1980	Maiz	4,450	7,754	1.74
	Trigo	3,550		2.18
	Frijol	12,000		0.85
1981	Maiz	8,550	8,863	1.35
	Trigo	4,900		1.83
	Frijol	18,000		0.55
1982	Maiz	8,850	14,180	1.80
	Trigo	8,930		2.05
	Frijol	21,100		0.87
1983	Maiz	14,887	25,447	1.71
	Trigo	12,805		1.99
	Frijol	27,575		0.92
1984	Maiz	28,500	40,478	1.42
	Trigo	27,300		1.48
	Frijol	44,000		0.92
1985	Maiz	53,300	70,217	1.32
	Trigo	40,000		1.76
	Frijol	155,000		0.45
1986	Maiz	98,000	119,239	1.24
	Trigo	58,000		2.06
	Frijol	217,000		0.56
1987+	Maiz	175,000	191,304	1.09
	Trigo	120,000		1.59
	Frijol	350,000		0.56

\* Pesos/tonelada de producto

\*\* Pesos/tonelada de nutriente

\*\*\* Tanto para la urea, como para los productos agrícolas se consideran los precios promedio ponderados

+ Precios a Julio de 1987.

FUENTE: GERENCIA DE PLANEACION  
FERTIMEX Agosto, 1987

COMPARACION DEL INDICE DE PRECIOS DE VARIOS INSUMOS AGRICOLAS  
Base 1974=100.0

CUADRO 6

AÑOS	UREA	TRACTORES *	PLAGUICIDAS **	INDICE DE INFLACION
1974	100.0	100.0	100.0	100.0
1975	120.5	116.5	123.8	111.3
1976	132.6	186.4	138.7	141.6
1977	165.8	205.3	166.1	170.9
1978	194.8	262.3	173.2	198.6
1979	194.8	305.6	183.8	238.3
1980	236.2	368.6	185.1	309.3
1981	270.0	425.6	205.6	398.0
1982	432.0	453.1	362.9	791.3
1983	775.2	936.7	773.1	1,430.7
1984	1,233.1	2,320.1	1,415.1	2,277.7
1985	2,139.1	3,798.0	2,316.5	3,728.6
1986	3,632.5	7,812.5	4,765.0	7,669.7

- \* Precio de los tractores de producción nacional de mayor popularidad según su potencia.
- \*\* Precio promedio anual de cuatro insecticidas, dos herbicidas y dos fungicidas de los de mayor uso en México.

FUENTE PROYECTO SPP-ONUDI  
GERENCIA DE PLANEACION

Agosto, 1987.

**BALANCE DE UREA EN LA ZONA NORTE**  
Miles de toneladas de producto

**CUADRO 7**

AÑO	PRODUCCION	DEMANDA	BALANCE	PRODUCCION PROYECTO CAMARGO	BALANCE
			I		II
1987	75	447	(372)	0	(372)
1988	75	616	(541)	0	(541)
1989	75	705	(630)	0	(630)
1990	75	850	(775)	0	(775)
1991	75	842	(767)	0	(767)
1992	75	861	(786)	260	(526)
1993	75	897	(822)	396	(426)
1994	75	945	(870)	446	(424)
1995	75	989	(914)	446	(468)

\* Producción de la Unidad Camargo

FUENTE: GERENCIA DE PLANEACION  
FERTIMEX

Agosto, 1987.

DISTRIBUCION OPTIMA DE LA OFERTA POR ZONA-ESTADO \*  
PORCENTAJE \*\*

ESTADO	PLANTA	CUADRO 8					PRODUCCION NACIONAL TOTAL
		BAJIO	CAMARGO	LAZARO CARDENAS	MINATITLAN	PAJARITOS NITROGENADOS	
PACIFICO NORTE		1.9	58.4	8.7	0.0	4.2	16.7
Baja California Sur		0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	1.3
Sinaloa		0.0	58.4	0.0	0.0	2.4	13.6
Nayarit		1.9	0.0	0.0	0.0	1.8	0.9
NOROESTE		0.0	0.0	45.1	0.0	18.8	16.7
Sonora		0.0	0.0	45.1	0.0	8.3	11.0
Baja California Norte		0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	4.7
BAJIO		96.8	0.0	0.0	0.0	14.1	16.3
Guanajuato		96.8	0.0	0.0	0.0	8.9	14.3
Querétaro		0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	1.6
San Luis Potosí		0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.6
OCCIDENTE		1.5	0.0	47.1	0.0	0.8	9.4
Agua Calientes		1.5	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4
Colima		0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.4
Jalisco		0.0	0.0	45.1	0.0	0.0	8.8
NORTE		0.0	39.9	0.0	0.0	0.0	8.9
Chihuahua		0.0	31.6	0.0	0.0	0.0	7.0
Durango		0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	1.9
CENTRO SUR		0.0	0.0	0.0	35.4	9.5	6.9
Puebla		0.0	0.0	0.0	25.8	8.1	4.7
Tlaxcala		0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	1.3
Hidalgo		0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.9
DEL GOLFO		0.0	0.0	0.0	0.0	18.9	7.2
Veracruz		0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	6.3
Tabasco		0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.9
SUR		0.0	0.0	0.0	80.4	0.0	5.6
Chiapas		0.0	0.0	0.0	48.5	0.0	4.3
Oaxaca		0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	1.3
PACIFICO SUR		0.0	0.0	1.1	0.0	12.1	4.8
Michoacán		0.0	0.0	1.1	0.0	11.6	4.6
Guerrero		0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.2
CENTRO		0.0	0.0	0.0	3.3	8.8	3.8
Distrito Federal		0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2
Morales		0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.3
México		0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	3.1
NORESTE		0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	4.2
Tamaulipas		0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	3.2
Nuevo León		0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.0
CENTRO NORTE		0.0	3.7	0.0	0.0	0.6	1.0
Coahuila		0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.8
Zacatecas		0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2
PENINSULAR		0.0	0.0	0.0	0.9	1.6	0.7
Quintana Roo		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---
Yucatán		0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.6
Campeche		0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1

\* Considerando plantas en operación y planeación a 100% de capacidad.

\*\* Considerando que la oferta es igual a la demanda.

\*\*\* No existe actualmente demanda.

FUENTE: GERENCIA DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS  
FERTIMEX Agosto, 1987.

ESTIMADO DE INVERSION: PLANTA DE UREA  
 CAPACIDAD: 495,000 toneladas por año  
 LOCALIZACION: CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA

CUADRO 9

CONCEPTOS	COMPONENTE NACIONAL (MILES DLS.U.S.)	IMPORTACION (MILES DLS.U.S.)	TOTAL (MILES DLS.U.S.)
<b>EQUIPO Y REFACCIONES</b>			
Unidad de proceso	2,323	17,974	20,297
Unidad de granulación	1,501		1,501
Generación y distribución de vapor	732		732
Tubería e Instrumentos	5,891	8,354	14,245
Generación y distribución de energía	3,719	293	4,012
Aire de planta e Instrumentos	109		109
Enfriamiento de agua	449	28	475
Sistema de tratamiento de agua	1,389		1,389
Recuperación de condensados	100		100
Sistema de gas Inerte	42		42
Sistema de combustible	7		7
Sistema de combustoleo	223		223
Sistema contraincendio	88		88
Tratamiento de agua de desecho	10		10
Otras Unidades paquete *	10,833	7,711	18,544
Equipo y herramientas de construcción	1,792		1,792
Refacciones		1,290	1,290
<b>SUBTOTAL</b>	<b>29,188</b>	<b>35,848</b>	<b>64,836</b>
Fletes marítimos y seguros	0	3,431	3,431
Fletes y maniobras locales	3,744	0	3,744
Impuestos y derechos	21,389	0	21,389
<b>COSTO DEL EQUIPO Y REFACCIONES ENTREGADOS EN EL SITIO</b>	<b>54,301</b>	<b>39,079</b>	<b>93,380</b>
Licencias y servicios de ingeniería	592	5,485	6,057
Administración del proyecto y seguros	11,798	0	11,798
Preparación del terreno, obra civil e instalación	27,964	0	27,964
Gastos de arrendo	0	300	300
Infraestructura**	7,980	0	7,980
			0
<b>COSTO BASE</b>	<b>102,835</b>	<b>44,844</b>	<b>147,479</b>
<b>IMPREVISTOS</b>			<b>9,171</b>
<b>INVERSION FIJA</b>			<b>156,650</b>
<b>INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION</b>			<b>18,965</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>			<b>3,863</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>			<b>179,478</b>

\* Manejo de materiales y almacenamiento de amoníaco.

\*\* Urbanización y mejoras al terreno (vías de ferrocarril, accesos, etc.).

ESTIMADO DE INVERSION: PLANTA DE UREA  
 CAPACIDAD: 495,000 toneladas por año  
 LOCALIZACION: CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA

CUADRO 10

CONCEPTOS	MILLONES DE PESOS *		
	COMPONENTE NACIONAL	IMPORTACION	TOTAL
<b>EQUIPO Y REFACCIONES</b>			
Unidad de proceso	3,594	27,808	31,400
Unidad de granulación	2,322	0	2,322
Generación y distribución de vapor	1,132	0	1,132
Tubería e instrumentos	9,113	12,924	22,037
Generación y distribución de energía	5,753	453	6,206
Aire de planta e instrumentos	189	0	189
Enfriamiento de agua	695	40	735
Sistema de tratamiento de agua	2,149	0	2,149
Recuperación de condensados	155	0	155
Sistema de gas inerte	65	0	65
Sistema de gas combustible	11	0	11
Sistema de combustión	345	0	345
Sistema contra incendio	105	0	105
Tratamiento de agua de desecho	15	0	15
Otras Unidades paquete **	18,759	11,929	28,688
Equipo y herramientas de construcción	2,772	0	2,772
Refacciones	0	1,996	1,996
			0
<b>SUBTOTAL</b>	<b>45,154</b>	<b>55,148</b>	<b>100,302</b>
Flotes marítimos y seguros	0	5,308	5,308
Flotes y maniobras locales	5,792	0	5,792
Impuestos y derechos	33,058	0	33,058
<b>COSTO DEL EQUIPO Y REFACCIONES ENTREGADOS EN EL SITIO</b>	<b>84,004</b>	<b>60,456</b>	<b>144,460</b>
Licencias y servicios de ingeniería	918	8,454	9,370
Administración del proyecto y seguros	18,252	0	18,252
Preparación del terreno obra civil e instalación	43,260	0	43,260
			0
Gastos de arranque	0	464	464
Infraestructura ***	12,345	0	12,345
<b>COSTO BASE</b>	<b>158,777</b>	<b>69,374</b>	<b>228,151</b>
<b>IMPREVISTOS</b>			<b>14,188</b>
<b>INVERSION FIJA</b>			<b>242,339</b>
<b>INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION</b>			<b>29,339</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>			<b>5,976</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>			<b>277,654</b>

\* Paridad: 1 dólar U.S. 1547 pesos M.N.

\*\* Manejo de materiales

\*\*\* Urbanización y mejoras al terreno (vías ferrocarril, accesos, etc.)

ESTIMADO DE INVERSION: PLANTA DE AMONIACO  
 CAPACIDAD: 445,000 toneladas por año  
 LOCALIZACION: CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA

CUADRO 11

CONCEPTOS	IMPORTACION (Miles Dls/U.S.)	NACIONAL (Miles Dls/U.S.)	TOTAL (Miles Dls/U.S.)
Terreno	0	145	145
Preparación del lugar	0	4,595	4,595
Equipo de proceso y materiales	20,217	21,442	41,659
Servicios auxiliares	1,190	9,531	10,721
Catalizadores, químicos y partes de repuesto	5,279	2,147	7,426
Obra civil, edificios y estructuras	0	4,595	4,595
Equipo de construcción	0	3,982	3,982
Colonia habitacional	0	478	478
Fletes y seguros	355	53	408
Derechos de importación	878	1,174	1,850
Construcción y erección	0	11,469	11,469
Servicios de asistencia	1,113	0	1,113
Gastos preoperativos	1,838	0	1,838
<b>COSTO BASE</b>	<b>30,468</b>	<b>59,811</b>	<b>90,079</b>
Imprevistos	1,523	2,981	4,504
<b>INVERSION FIJA</b>	<b>31,991</b>	<b>62,592</b>	<b>94,583</b>

ESTIMADO DE INVERSION: PLANTA DE AMONIACO  
 CAPACIDAD: 445,000 toneladas por año  
 LOCALIZACION: CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA

CUADRO 11

CONCEPTOS	IMPORTACION (Miles Dls/U.S.)	NACIONAL (Miles Dls/U.S.)	TOTAL (Miles Dls/U.S.)
Terreno	0	145	145
Preparación del lugar	0	4,595	4,595
Equipo de proceso y materiales	20,217	21,442	41,659
Servicios auxiliares	1,190	9,531	10,721
Catalizadores, químicos y partes de repuesto	5,279	2,147	7,426
Obra civil, edificios y estructuras	0	4,595	4,595
Equipo de construcción	0	3,982	3,982
Colonia habitacional	0	478	478
Fletes y seguros	355	53	408
Derechos de importación	676	1,174	1,850
Construcción y erección	0	11,489	11,489
Servicios de asistencia	1,113	0	1,113
Gastos preoperativos	1,838	0	1,838
<b>COSTO BASE</b>	<b>30,488</b>	<b>59,611</b>	<b>90,079</b>
Imprevistos	1,523	2,981	4,504
<b>INVERSION FIJA</b>	<b>31,991</b>	<b>62,592</b>	<b>94,583</b>

## COSTO DE PRODUCCION

PLANTA DE AMONIACO

CAPACIDAD: 445,000 toneladas por año

LOCALIZACION: CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA

CUADRO 12

CONCEPTOS	PRECIO	FACTOR DE CONSUMO	COSTO UNITARI (DLS)	COSTO ANUAL (MILES DE DLS)
<b>MATERIAS PRIMAS</b>			45.076	20,059
- Gas natural	2.0 dls/Mpie3	22.538 Mpie3/t	45.076	20,059
<b>MANO DE OBRA</b>			0.854	380
<b>GASTOS DIRECTOS</b>			2.890	1,286
<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>			42.825	19,057
- Gas natural	2.0 dls/Mpie3	15.872 Mpie3/t	31.744	14,126
- Energía eléctrica	.0228 dls/kW	30.562 kWh/t	0.697	310
- Agua de proceso	0.3542 dls/m3	2.355 m3/t	0.834	371
- Agua de enfriamiento	0.0085 dls/m3	268.000 m3/t	2.278	1,014
- Mantenimiento			6.252	2,782
- Laboratorio			0.157	70
- Catalizador	0.8629 dls/t	1.000 t/t	0.863	384
<b>GASTOS INDIRECTOS</b>			4.339	1,931
<b>COSTO SIN DEPRECIACION</b>			95.984	42,713
<b>DEPRECIACION</b>			10.611	4,722
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>			106.595	47,435

**COSTO DE PRODUCCION ANUAL  
A CAPACIDAD VARIABLE  
(EN MILES DE DOLARES)**

PLANTA: DE AMONIACO  
CAPACIDAD: 445,000 toneladas por año  
LOCALIZACION: CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA

CUADRO 13

CONCEPTOS	PORCENTAJE DE UTILIZACION			
	70%	80%	90%	100%
MATERIAS PRIMAS	14,043	16,049	18,055	20,059
MANO DE OBRA	380	380	380	380
GASTOS DIRECTOS	1,286	1,286	1,286	1,286
SERVICIOS AUXILIARES	14,426	15,969	17,514	19,057
- Gas natural	9,888	11,301	12,713	14,126
- Energia eléctrica	282	291	301	310
- Agua de proceso	304	326	349	371
- Agua de enfriamiento	831	892	953	1,014
- Mantenimiento	2,782	2,782	2,782	2,782
- Laboratorio	70	70	70	70
- Catalizador	269	307	346	384
GASTOS INDIRECTOS	1,931	1,931	1,931	1,931
COSTO SIN DEPRECIACION	32,066	35,615	39,166	42,713
DEPRECIACION	4,722	4,722	4,722	4,722
COSTO DE PRODUCCION	36,788	40,337	43,888	47,435

**ESTA TESIS NO PUEDE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## C O S T O S   D E   P R O D U C C I O N

PLANTA DE UREA

CAPACIDAD:

495,000 toneladas por año

LOCALIZACION:

CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA

INVERSION FIJA:

242,339 MILLONES DE PESOS

CUADRO 14

CONCEPTOS	PRECIO	FACTOR DE CONSUMO	COSTO UNITARIO (\$MN/ton)	COSTO ANUAL (MILES \$MN)
<b>MATERIAS PRIMAS</b>			117,272	58,049,640
Amoniaco	202,193 \$MN/t	0.58 t/t	117,272	58,049,640
Blóxido de Carbono		0.75 t/t	0	0
<b>MANO DE OBRA</b>			669	331,155
Sueldos			185	91,575
Salarios			484	239,580
<b>GASTOS DIRECTOS</b>			2,782	1,377,090
<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>			28,776	14,244,120
Vapor	5,128.3 \$MN/t	1.19 t/t	6,103	3,020,985
Energía eléctrica	29.4 \$MN/kWh	64.86 kWh/t	1,907	943,965
Agua tratada	777.2 \$MN/m3	0.64 m3/t	497	246,015
Agua de enfriamiento	5.1 \$MN/m3	126.60 m3/t	646	319,770
Laboratorio			40	19,800
Mantenimiento			19,583	9,693,585
<b>GASTOS INDIRECTOS</b>			7,475	3,700,125
<b>COSTO SIN DEPRECIACION</b>			156,974	77,702,130
<b>DEPRECIACION</b>			48,957	24,233,900
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>			205,931	101,936,030

**COSTO DE OPERACION  
(SE EXCLUYE LA MATERIA PRIMA)**

**PLANTA DE UREA  
CAPACIDAD:  
LOCALIZACION:  
INVERSION FIJA:**

**495,000 toneladas por año  
CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA  
156'650,000 DLS. U.S.**

**CUADRO 15**

CONCEPTOS	PRECIO	FACTOR DE CONSUMO	COSTO UNITARIO (DLS/ton)	COSTO ANUAL (MILES DLS)
<b>MANO DE OBRA</b>			<b>0.43</b>	<b>213</b>
Sueldos			0.12	59
Salarios			0.31	153
<b>GASTOS DIRECTOS</b>			<b>1.80</b>	<b>891</b>
<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>			<b>18.56</b>	<b>9,187</b>
Vapor	3.315 dls/t	1.19 l/t	3.94	1,950
Energía eléctrica	0.019 dls/kWh	64.86 kWh/t	1.23	609
Agua tratada	0.5024 dls/m3	0.64 m3/t	0.32	158
Agua de enfriamiento	0.003 dls/m3	126.60 m3/t	0.38	188
Laboratorio			0.03	15
Mantenimiento			12.66	6,267
<b>GASTOS INDIRECTOS</b>			<b>3.82</b>	<b>1,891</b>
<b>COSTO DE OPERACION</b>			<b>24.61</b>	<b>12,182</b>

**COSTOS DE PRODUCCION ANUALES  
A CAPACIDAD VARIABLE  
(VALORES EN MILES DE PESOS M.N.)**

PLANTA: DE UREA  
CAPACIDAD: 495,000 toneladas por año  
LOCALIZACION: CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA  
INVERSION: 242,339 MILLONES \$ M.N.

CUADRO 16

CONCEPTOS	PORCENTAJE DE UTILIZACION			
	70%	80%	90%	100%
MATERIAS PRIMAS	40,634,748	46,439,712	52,244,676	58,049,640
MANO DE OBRA	331,155	331,155	331,155	331,155
GASTOS DIRECTOS	1,377,090	1,377,090	1,377,090	1,377,090
SERVICIOS AUXILIARES	13,694,804	13,877,910	14,061,016	14,244,120
- Vapor	2,658,467	2,779,306	2,900,146	3,020,985
- Energía eléctrica	859,009	887,328	915,647	943,965
- Agua tratada	201,732	216,493	231,254	246,015
- Agua de enflamiento	262,211	281,398	300,584	319,770
- Mantenimiento	9,693,585	9,693,585	9,693,585	9,693,585
- Laboratorio	19,800	19,800	19,800	19,800
GASTOS INDIRECTOS	3,700,125	3,700,125	3,700,125	3,700,125
COSTO SIN DEPRECIACION	59,737,922	65,725,992	71,714,062	77,702,130
DEPRECIACION	24,233,900	24,233,900	24,233,900	24,233,900
COSTO DE PRODUCCION	83,971,822	89,959,892	95,947,962	101,936,030

**COSTOS DE OPERACION ANUALES  
A CAPACIDAD VARIABLE  
(VALORES EN MILES DE DOLARES U.S.)**

**PLANTA:** DE UREA  
**CAPACIDAD:** 495,000 toneladas por año  
**LOCALIZACION:** CIUDAD CAMARGO, CHIHUAHUA  
**INVERSION:** 242,339 MILLONES \$ M.N.

**CUADRO 17**

CONCEPTOS	PORCENTAJE DE UTILIZACION			
	70%	80%	90%	100%
MANO DE OBRA	214	214	214	214
GASTOS DIRECTOS	890	890	890	890
SERVICIOS AUXILIARES	8,852	8,971	9,089	9,208
- Vapor	1,718	1,797	1,875	1,953
- Energía eléctrica	555	574	592	610
- Agua tratada	130	140	149	159
- Agua de enfriamiento	169	182	194	207
- Mantenimiento	6,266	6,266	6,266	6,266
- Laboratorio	13	13	13	13
GASTOS INDIRECTOS	2,392	2,392	2,392	2,392
<b>COSTO DE OPERACION</b>	<b>12,349</b>	<b>12,467</b>	<b>12,585</b>	<b>12,704</b>

PLANTA DE UREA  
CAPACIDAD: 495,000 TPA  
LOCALIZACION: CD. CAMARGO, CHIH.

EVALUACION FINANCIERA  
(MILES DE U.S. DOLARES)

CUADRO 18

CONCEPTO	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
VOLUMEN DE VENTAS						348,500	396,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500
PRECIO DE LA UREA						0.1310	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310	0.1310
VENTAS NETAS						45,378	51,026	58,343	58,343	58,343	58,343	58,343	58,343	58,343	58,343
COSTOS DE PRODUCCION						36,815	42,488	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357
UTILIDAD BRUTA						6,762	9,440	11,986	11,986	11,986	11,986	11,986	11,986	11,986	11,986
TOTAL DE GASTOS						14,127	14,512	14,845	14,209	13,521	12,777	11,972	11,101	10,159	9,141
Gastos de administración						2,405	2,752	3,092	3,092	3,092	3,092	3,092	3,092	3,092	3,092
Gastos de comercialización						4,070	4,651	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233
Gastos financieros						7,652	7,109	6,520	5,884	5,196	4,452	3,647	2,776	1,834	816
DEPRECIACION						15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665
UTILIDAD DE OPERACION						(23,030)	(20,737)	(16,525)	(17,888)	(17,200)	(16,455)	(15,651)	(14,780)	(13,838)	(12,820)
ISR						(8,060)	(7,258)	(6,484)	(6,261)	(6,020)	(5,760)	(5,478)	(5,173)	(4,843)	(4,487)
REPARTO DE UTILIDADES						(2,303)	(2,074)	(1,852)	(1,789)	(1,720)	(1,646)	(1,565)	(1,478)	(1,384)	(1,282)
UTILIDAD NETA						(12,668)	(11,405)	(10,189)	(9,839)	(9,460)	(9,051)	(8,608)	(8,129)	(7,611)	(7,051)
DEPRECIACION						15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665
PAGOS DE FINANCIAMIENTO						6,666	7,209	7,797	8,433	9,122	9,866	10,671	11,542	12,484	13,502
CAPITAL DE TRABAJO						2,704	387	387							3,863
INVERSION ACTIVO FIJO		54,828	54,828	31,330	15,665										
FLUJO DE EFECTIVO		(54,828)	(54,828)	(31,330)	(15,665)	(6,370)	(3,336)	(2,707)	(2,607)	(2,918)	(3,252)	(3,614)	(4,006)	(4,429)	(1,025)
FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO		(54,828)	(109,656)	(140,986)	(156,651)	(163,021)	(166,357)	(169,064)	(171,671)	(174,587)	(177,839)	(181,453)	(185,459)	(189,888)	(190,912)
VALOR PRESENTE NETO		(129,193)													
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO		-129.27%													

PROYECTO CD. CAMARGO, CHIH.  
 PLANTA DE UREA 495,000 tpa.  
 PROGRAMA DE PAGOS DE CAPITAL Y GASTOS FINANCIEROS.  
 (Millones de pesos)

CUADRO 19

AÑO	SEM.	M I N I S T R A C I O N E S								INTERESES DURANTE LA CONST.	SALDO	PAGOS DE CAPITAL ANUALES	GASTOS FINAN- CIEROS ANUALES
		1	2	3	4	5	6	7	8				
0	1	27,263									1,091		
	2		15,388								1,750		
1	1			21,084							2,683		
	2				21,084						3,613		
2	1					11,875					4,232		
	2						11,874				4,877		
3	1								6,301		5,324		
	2									6,301	5,789	150,509	
4											140,198	10,311	11,838
5											129,046	11,152	10,997
6											118,984	12,062	10,087
7											103,938	13,046	9,103
8											89,827	14,111	8,038
9											74,564	15,263	6,887
10											58,056	16,508	5,642
11											40,200	17,856	4,294
12											20,888	19,312	2,837
13											0	20,888	1,262

PLANTA DE UREA  
CAPACIDAD: 495,000 TPA  
LOCALIZACION: CD. CAMARGO, CHIH.

EVALUACION FINANCIERA  
(MILES DE U.S. DOLARES)

CUADRO 20

CONCEPTO	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
VOLUMEN DE VENTAS						346,500	394,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500	445,500
PRECIO DE LA UREA						0.2586	0.2586	0.2586	0.2586	0.2586	0.2586	0.2586	0.2586	0.2586	0.2586
VENTAS NETAS						89,593	102,521	115,191	115,191	115,191	115,191	115,191	115,191	115,191	115,191
COSTOS DE PRODUCCION						38,615	42,466	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357	46,357
UTILIDAD BRUTA						50,977	60,035	68,834	68,834	68,834	68,834	68,834	68,834	68,834	68,834
TOTAL DE GASTOS						16,470	17,193	17,658	17,222	16,534	15,790	14,985	14,114	13,172	12,154
Gastos de administración						4,748	5,434	6,105	6,105	6,105	6,105	6,105	6,105	6,105	6,105
Gastos de comercialización						4,070	4,651	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233	5,233
Gastos financieros						7,652	7,109	6,520	5,884	5,196	4,452	3,647	2,778	1,834	816
DEPRECIACION						15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665
UTILIDAD DE OPERACION						18,842	27,177	35,311	35,947	36,635	37,379	38,164	39,056	39,997	41,015
ISR						6,595	9,612	12,359	12,581	12,822	13,063	13,364	13,669	13,999	14,355
REPARTO DE UTILIDADES						1,864	2,718	3,631	3,595	3,664	3,738	3,818	3,906	4,000	4,102
UTILIDAD NETA						10,363	14,947	19,421	19,771	20,149	20,558	21,001	21,480	21,998	22,558
DEPRECIACION						15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665	15,665
PAGOS DE FINANCIAMIENTO						6,665	7,209	7,797	8,433	9,122	9,866	10,671	11,542	12,484	13,502
CAPITAL DE TRABAJO						2,704	387	387							3,863
INVERSION ACTIVO FIJO		54,828	54,828	31,330	15,865										
FLUJO DE EFECTIVO		(54,828)	(54,828)	(31,330)	(15,865)	16,659	23,017	26,902	27,003	26,693	26,357	25,995	25,603	25,180	24,584
FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO		(54,828)	(109,656)	(140,986)	(156,851)	(139,992)	(116,975)	(90,073)	(63,079)	(36,377)	(10,020)	15,976	41,579	66,759	95,343
VALOR PRESENTE NETO		(48,008)													
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO		6.58%													

COMPLEJO AMONIACO UREA  
 CAPACIDAD: 445,000 tpa DE AMONIACO Y 495,000 tpa DE UREA  
 LOCALIZACION: CD. CAMARGO, CHIH.  
 PRECIO GAS NATURAL: 2.0 dls/mpc

EVALUACION ECONOMICA  
 (MILES DE DOLARES)

CUADRO 21

CONCEPTO	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Volumen de ventas de amoniaco						131	149	168	168	168	168	168	168	168	168
Volumen de ventas de urea						347	396	446	446	446	446	446	446	446	446
Precio del amoniaco						188	188	188	188	188	188	188	188	188	188
Precio de la urea						259	259	259	259	259	259	259	259	259	259
Ventas de amoniaco						24,545	28,051	31,558	31,558	31,558	31,558	31,558	31,558	31,558	31,558
Ventas de urea						89,744	102,564	115,385	115,385	115,385	115,385	115,385	115,385	115,385	115,385
Ventas Totales						114,288	130,615	146,942	146,942	146,942	146,942	146,942	146,942	146,942	146,942
Total de Gastos		68,404	68,404	68,404	22,801	53,176	55,392	59,926	59,539	59,539	59,539	59,539	59,539	59,539	63,402
Partidas de capital		68,404	68,404	68,404	22,801										
Capital de Trabajo						2,704	387	387							3,863
Costos de producción						44,415	48,082	51,751	51,751	51,751	51,751	51,751	51,751	51,751	51,751
Amoniaco						32,066	35,615	39,166	39,166	39,166	39,166	39,166	39,166	39,166	39,166
Urea*						12,349	12,467	12,585	12,585	12,585	12,585	12,585	12,585	12,585	12,585
Gastos de Operación						6,057	6,923	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788
Administración						6,057	6,923	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788	7,788
Flujo de efectivo		(68,404)	(68,404)	(68,404)	(22,801)	61,112	75,224	87,016	87,403	87,403	87,403	87,403	87,403	87,403	83,540
Tasa Interna de Rendimiento		20.80%													

Nota: \* corresponde únicamente al costo de operación

DETERMINACION DEL PRECIO DE OPORTUNIDAD PARA EL AMONIACO

CUADRO 22

CONCEPTOS	(DOLARES/TONELADA)				
	1991	1992	1993	1994	1995
PRECIO FOB (GOLFO DE MEXICO) *	184.0	188.0	192.0	196.0	200.0
+ COSTO DE BOMBEO (A SALINA CRUZ)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
+ FLETE MARITIMO Y MANIOBRAS (DE SALINA CRUZ A UN PUERTO DE SINALOA)	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
+ FLETE DEL PUERTO A LA ZONA DE DEMANDA **	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
- FLETE DEL SITIO DEL PROYECTO A LA ZONA DE DEMANDA **	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6
PRECIO ECONOMICO DEL AMONIACO	187.9	191.9	195.9	199.9	203.9

\* FUENTE: BANCO MUNDIAL

\*\* COMO ZONA DE DEMANDA SE CONSIDERO SINALOA.