

# Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE  
PETRÓLEO Y PETROQUÍMICA

ESTUDIO PRELIMINAR PARA INSTALACIÓN DE  
PLANTAS DE DDB Y AN  
A PARTIR DEL PROPILENO

TESIS PRESENTADA POR:

LUIS ANGEL FLORES FLORES

ADALBERTO RODRIGUEZ NEGRON

PARA OPTAR EL GRADO DE BACHILLER EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN  
INGENIERÍA PETROQUÍMICA

PROMOCIÓN 1972

LIMA - PERU

1973

A MIS QUERIDOS PADRES:

CON GRATITUD Y CARIÑO, POR  
SUS CONSTANTES SACRIFICIOS, QUE CON  
TRIBUYEN EN EL LOGRO DE MIS ASPIRA -  
CIONES.

LUCHO.

A MI QUERIDO PAPA:

COMO MUESTRA DE CARIÑO Y  
GRATITUD POR SU INVALORABLE SACRI-  
FICIO DE HACER REALIDAD LA CULMI-  
NACION DE MI CARRERA.

BETO.

A LA MEMORIA DE MI MAMA

QUE CON AMOR Y TERNURA,  
SUPO GUIARME MIENTRAS ESTUVO A MILADO

BETO

A LA MEMORIA DE MI PRIMA PASHITA

QUE CON CARINO ME BRINDO SU  
APOYO EN LOS MOMENTOS MAS DIFICILES.

BETO

A la memoria de  
DANTE RIVERO BERDEJO,  
amigo y compañero de  
estudios.

Lucho y Beto.

## INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	
CAPITULO I . ANALISIS DEL MERCADO	3
I.1.- Producción, demanda interna e importaciones de DDB y AN	3
I.2.- El DDB y AN dentro del Grupo Andino	8
I.3.- Proyecciones del consumo	15
 CAPITULO II . ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA	 18
II.1.- Matéria prima básica: Propileno	18
II.2.- Benceno: Generalidades	28
II.2.1 Propiedades del Benceno	34
II.3.- Amoniacó: Generalidades	35
 CAPITULO III . ESTUDIO DE LOS PRODUCTOS	 42
III.1.- Dodecílbencono	42
III.1.1.- Propiedades	43
III.1.2.- Aplicaciones	44
III.2.- Acrilonitrilo	47
III.2.1.- Propiedades físicas, químicas y termodinámicas	50
III.2.2.- Aplicaciones	53
 CAPITULO IV . ESTUDIO DE LOS PROCESOS	 58
IV.1.- Aspectos Generales	58
IV.2.- Características de los procesos existentes	62
IV.3.- Selección del proceso adecuado	65
IV.3.1.- Descripción del proceso seleccionado para el DDB	67

	Pag.
IV.3.2.- Descripción del proceso adecuado para el AN.	77
CAPITULO V . CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LAS PLANTAS	83
V.1.- Alternativas para la localización	89
V.2.- Factores determinantes	90
V.3.- Calificación y solución	92
CAPITULO VI . CONSIDERACIONES ECONOMICAS	94
VI.1.- Financiamiento	94
VI.2.- Rentabilidad	96
VI.3.- Ahorro de divisas	96
CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFIA	112

-----



## I N T R O D U C C I O N

La Petroquímica se puede considerar, dentro de la Industria Química, como una rama especial, tanto por la modernidad de su tecnología como por presentar en sus aspectos económicos, características que la asemejan más a la Industria Petrolera que a la Industria Química tradicional.

Los adelantos científicos alcanzados en el campo de la tecnología del calor, de la automatización de procesos industriales, aplicados a la refinación del petróleo y a la petroquímica, han permitido disponer de una fuente nueva y abundante de productos químicos orgánicos básicos. La abundante disponibilidad de productos químicos básicos aportada por la petroquímica, ha significado un factor ocasional de plantas usuarias de los mismos, originándose así grandes complejos industriales en los que se obtienen desde las materias primas petroquímicas hasta los productos finales.

En los 15 últimos años la producción de productos químicos orgánicos a partir del petróleo en los Estados Unidos, se elevó del 15 al 80 %, en Inglaterra del 9 al 65%, entre 1949 y 1962, en Alemania pasó del 15 al 60 % entre los años de 1950 á 1963, lo cual demuestra no sólo el dinamismo del sector sino también la preferencia cada vez mayor de esta fuente para la producción química.

En América Latina la producción petroquímica es considerada como el acontecimiento de mayor importancia de los 20 últimos años. La promoción del desarrollo petroquímico sólo puede ser encarada por los gobiernos en el contexto de una planificación global de las economías nacionales, puesto que la localización de grandes complejos industriales, requieren de la materialización de planes de infraestructura (carreteras, ferrocarriles, puentes, etc.) y urbanización, para lo cual se requiere elevadísimas inversiones. Esta elevada densidad de las inversiones ha sido posiblemente una de las principales causas por las cuales las empresas químicas chicas y medianas de América Latina no han entrado fácilmente en la actividad petroquímica, aún cuando de este paso dependía la integración de sus producciones. Agréguese a ello, el elevado monto que debe pagarse para disponer de los últimos adelantos tecnológicos protegidos por patentes.

Los altos niveles de capacidad y la integración de procesos de esta rama industrial, aún cuando significan inversiones elevadas, aseguran la rentabilidad de los proyectos según se observan en los países desarrollados del mundo.

Teniendo en cuenta la gran contribución de la producción petroquímica a la economía de los países, su desarrollo reviste particular importancia dentro de la América Latina atendiendo entre otros a los siguientes factores:

a.- La gran interrelación que existen entre los productos que abarca el sector y otras ramas industriales, a las que abastece de insumos, contribuye favorablemente a crear la estructura necesaria para la expansión de la industria en general.

b.- Los grandes volúmenes de producción y la alta concentración de capitales que acompañan a la expansión petroquímica inciden de manera benéfica en la balanza de pagos, en las inversiones y en la ocupación de los países, así como el desarrollo de altas tecnologías.

De la inmensa gama de productos químicos orgánicos derivados del petróleo, en este trabajo se han considerado el Dodecibenceno y el Acrilonitrilo, que son productos petroquímicos intermedios utilizados en las industrias de detergentes y fibras acrílicas, respectivamente. El tema de esta Tesis es hacer un estudio preliminar para la instalación de plantas para la elaboración de estos productos en el país.

## CAPITULO I

### ANALISIS DEL MERCADO

#### I.1.- Producción, demanda interna e importaciones del DDB y AN

Al revisar la data histórica de la producción nacional de los productos petroquímicos, encontramos que a pesar de la gran importancia de éstos en la industria, hasta 1970 no se ha realizado ningún estudio que intente llevar a cabo la manufactura de estos productos. Recién a partir de 1971, el gobierno actual ha demostrado tener un gran interés por dar impulso a la Industria Petroquímica, para lo cual se ha realizado estudios de productos de esta rama, teniendo en cuenta los que por acuerdos del Pacto Andino han sido asignados al Perú, y además aquellos que encontrándose a nivel de oportunidad ( es decir, los que no han sido asignados a ningún país del Grupo Andino), sean favorables para un desarrollo dinámico de nuestra Industria.

Así vemos que los productos considerados como tema de esta tesis se encuentran en la siguiente situación:

DDB - A nivel de oportunidad

AN - Asignado al Perú (acuerdo No. 6)

El acuerdo No. 6 es aquél realizado entre Bolivia, Chile, Colombia y Perú, el 25 de Julio de 1968, en ba

se a los propósitos y dispositivos adoptados en el seno de ALALC. En este acuerdo de Complementación para la Industria Petroquímica, los países signatarios negocian y aprueban - entre ellos la producción de 39 productos petroquímicos tal como podemos apreciar en el Cuadro No. 1, donde no se menciona los 39 productos ya que varios de ellos, como el Acrilonitrilo está considerado dentro del rubro del poliacrilonitrilo y de las fibras acrílicas, entendiéndose que para la producción de éstas, es la principal materia prima.

Es así como estos productos han sido tomados en cuenta dentro del futuro Complejo Petroquímico que se proyecta llevar a cabo. Como se puede comprobar en el Cuadro No. 2 que se adjunta.

Dentro de este proyecto vemos que a partir del año 1976 podremos contar con la materia prima adecuada para la elaboración de estos productos.

Respecto a la importación diremos que, debido a la falta de producción nacional de éstos y a la gran demanda existente, especialmente del DDB, las industrias usuarias de los mismos se ven obligadas a importar para satisfacer sus necesidades,

A continuación se presenta la Tabla No. 1 que contiene las importaciones del DDB que se han realizado a partir del año 1967 hasta el año de 1971; éstas cifras se han tomado del Registro de Importaciones del Ministerio de Industria y Comercio. Con respecto al Acrilonitrilo, por la misma fuente de información se ha constatado que hasta el

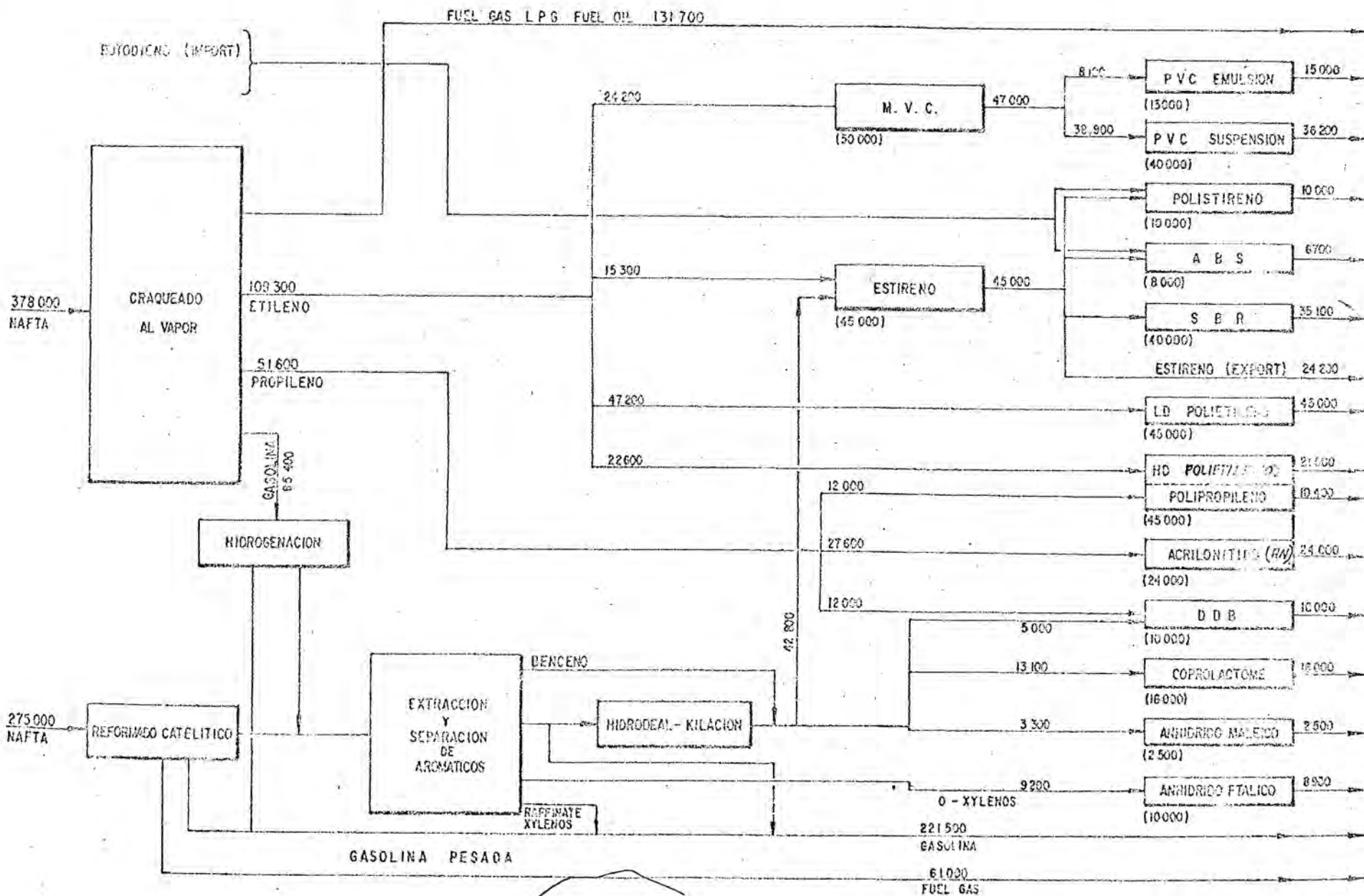
CUADRO N°1

ACUERDO N°6

PRODUCTOS NEGOCIADOS.

BOLIVIA	COLOMBIA	CHILE	PERU
- Estireno	- Negro de humo	- N-Butanol	- Negro de humo
- Pesticidas	- T.Propileno	- 2-Etilhexanol	- 2.4.D.
	- A.Terftálico	- Pentaeritritol	- 2.4.5.T
	- D.M.T	- Acetato de vinilo	- Cloro Parafinas líquidas.
	- Caprolactama		- PVC (Emulsión)
	- Poliacrilonitrilo		- Poliacrilonitrilo
	- Fibras Acrílicas		- Fibras Acrílicas

# COMPLEJO PETROQUIMICO DE PRODUCTOS OLEFINICOS Y AROMATICOS



CUADRO N° 2



presente año no se ha realizado importación alguna.

TABLA No. 1

IMPORTACIONES DEL DDB

<u>Año</u>	<u>Cantidad (T/A)</u>
1967	2,797
1968	4,246
1969	3,112
1970	3,970
1971	4,573

## I.2.- EL DDB y AN dentro del Grupo Andino

La situación actual dentro de los otros países del Grupo Andino, es semejante al que existe en nuestro país; así vemos que, con respecto al DDB, existen solamente proyectos para la instalación de plantas de elaboración de este producto, en Colombia y Chile, con capacidades de 15,000 y 12,000 T/A, respectivamente.

Para el AN no existe ningún proyecto para su elaboración, en ningún otro país miembro del Grupo Andino, ya que como lo manifestado anteriormente ha sido asignado al Perú.

A continuación se presentan datos de producción, demanda y proyectos del DDB, Fibras Acrílicas, Resinas ABS y SAN, en los países de Colombia y Chile. No se menciona - Bolivia, por no disponer de Fuentes de Información acerca de estos productos. Tampoco el Ecuador ya que este país se abocará en el futuro, más que todo a la elaboración de productos petroquímicos finales.

### COLOMBIA

#### Fibras Acrílicas

Las fibras acrílicas se importan en Colombia, para uso textil. Existen estudios para producirla localmente.

#### Situación del Mercado.

El consumo de Fibras Acrílicas ha sido el si-

guiente hasta el año de 1970:

TABLA No. 2

Unidad Tonelada Métrica

Año	1966	1967	1968	1969	1970
Demanda	600	750	900	1000	1100

El precio FOB puerto de embarque varía desde \$ 0.85 por Kg. para la fibra japonesa hasta \$ 1.10 por Kg. para la fibra alemana.

Se estima que el crecimiento tendrá un aumento del 10 % anual, el cual variará notablemente al llegarse a instalar la producción de Fibras Acrílicas en el país.

Proyectos

La Corporación Financiera de Caldas y la Compañía Fibras Acrílicas S. A., han estudiado un proyecto para la fabricación local de fibras acrílicas a partir del AN importado. El proyecto está financiado por Chase Manhattan Bank de Nueva York.

Al presente están en busca de ayuda tecnológica de productores internacionales, a fin de satisfacer los requerimientos de los usuarios de fibra en el Sector Privado.

Resina ABS

Dow Química de Colombia es el único vendedor de estos pequeños volúmenes

En el año de 1968, la demanda alcanzó a 20 Toneladas y hasta la actualidad no ha alcanzado ningún desarrollo apreciable.

\* Alquilbenceno

Los detergentes sintéticos finales se fabrican en Colombia, a partir del Tridecibenceno que ha ganado aceptación sobre el DDB.

Actualmente existen dos fábricas: DERSA y Colgate, que se dividen el mercado en partes iguales. La capacidad instalada alcanza a 15,000 TM, suficiente para satisfacer las demandas del mercado por muchos años.

En Colombia no ha surgido problemas de biodegradabilidad por el uso de detergentes sintéticos y se considera muy lejana la fecha en que tal situación pudiera aparecer. Por estas razones, no se estima la posibilidad de cambiar por el de otro tipo de base degradable de cadena lineal.

Situación del Mercado

El consumo de Alquilbenceno hasta el año de 1970 ha sido el que se encuentra expresado en la Tabla que se da a continuación:

TABLA No. 3

<u>Unidad Tonelada Métrica</u>					
<u>Año</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>
<u>Demanda</u>	<u>4 500</u>	<u>6 000</u>	<u>6 500</u>	<u>7 000</u>	<u>7 500</u>

El precio promedio CIF - Puerto colombiano ha sido de \$ 220.00 por Tonelada Métrica.

### Proyección de la demanda

La tendencia de crecimiento en el uso de detergentes es aproximadamente del 6 % anual. Los detergentes cubren el 30 % del mercado de lavado, mientras que los jabones alcanzan el 70 %. El detergente líquido casi no tiene aplicación.

### Proyectos

Empresa Colombiana de Petróleos ha considerado la producción de Alquilato detergente dentro de su esquema de producción petroquímica.

El proyecto para este fin ha sido terminado, la planta está instalada en Barranca - Bermeja, cerca del complejo aromático. La capacidad de la planta es de 15,000 Toneladas Métricas por año, entre los dos tipos de alquilatos (doméstico é industrial).

La materia prima será el propileno obtenido de los gases de refinería con el cual se producirá el alquilato detergente y benceno proveniente de la planta de aromáticos.

La producción es por el método Chevron Research de EE. UU. La comercialización en caso de excedente en la producción, con respecto a la demanda interna, estará a cargo de la Chevron Chemical Panamerican Co., entidad considerada con vasta experiencia en el mercado de alquilato en los países sudamericanos.

El valor total del proyecto de alquilato detergente es de \$ 6'000.000.00.

## CHILE

### Fibras Acrílicas

Las fibras acrílicas en Chile son importadas. No existe ningún proyecto sobre la elaboración de estas fibras.

### Situación del Mercado

Las importaciones que se realizaron hasta el año de 1970, en T/A son:

TABLA No. 4

Año	1966	1967	1968	1969	1970
Import.	1600	1250	1200	1400	1650

Las dos principales firmas importadoras son : Du Pont y Bayer. Es un producto que viene introduciéndose lentamente por la gran competencia con lana (Chile es un gran productor).

### Proyección de la demanda

Se estima un crecimiento del orden del 15 % anual.

### Precios

Tiene un costo promedio del orden de \$ 1,650.00 por Tonelada Métrica, a lo cual hay que incluir 137 % de tasas arancelarias.

### Principales usuarios

Son los siguientes:

- Bayer
- Du Pont
- Comanderi

y las principales fábricas textiles.

### Resinas ABS y SAN

#### Situación del Mercado

Su consumo es muy reciente; se emplea para reemplazar piezas metalizadas y de madera. Hasta el año 1970 las importaciones en T/A son:

TABLA No. 5

Año	1966	1967	1968	1969	1970
ABS	10	15	80	100	120
SAN	40	40	100	100	200

#### Proyecciones de la demanda

Las proyecciones han sido realizadas por el Instituto Chileno del Pacífico, quienes estiman que el uso de estas resinas pueden triplicarse si bajan los precios que -

actualmente rigen y que fluctúan entre \$ 600.00 á \$ 1,000.00 por Tonelada Métrica. Estas resinas tienen excelentes propiedades mecánicas y se utilizan principalmente donde se requiere gran resistencia a la tensión. Las propiedades varían de acuerdo al porcentaje de sus componentes. Su estabilidad dimensional es buena y son resistentes a la fatiga.

### Usos

Se usa principalmente en: asas para utensilios, bobinas textiles, cajas para baterías, para radio, cascos deportivos, cuerpos de válvulas, patines para niños, ruedas y engranajes, pistones para bombas hidráulicas, teléfonos, etc.

### Alquilbencenos

### Situación del Mercado

La única planta de formulación es la Industria Lever S. A. C. I.; tiene una capacidad instalada para productos terminados de 50,000 T/A, importan el DDB no hidrodegradable de la firma Chevron de EE. UU. y el tripolifato de Na de la firma Monsanto Hooker de México.

### TABLA No. 6

#### Importaciones en Tons. por año

Año	1966	1967	1968	1969	1970
DDB	3200	4500	4500	5000	5500
T.P. Na	6400	9000	9000	10000	11000



La Industria Lever es una sociedad que tiene el 50 % de capitales chilenos y 50 % capitales ingleses; fabrica: detergentes, jabones, perfumes, cosméticos, también degoriza el aceite de pescado para fabricar jabones para lavado de ropa.

### Proyecciones de la demanda

A partir de 1969 se estima un crecimiento de la demanda del 10 al 20 % anual.

### Precios

CIF - Valparaíso - Fluctúa entre \$ 160.00 a la suma de \$ 200.00 por Tonelada Métrica.

### I.3.- Proyecciones del consumo

Basándonos en los datos de importación del Dodecibenceno, desde 1967 hasta 1971 que se encuentran en la Tabla No. 1, se ha realizado las proyecciones de la demanda hasta el año de 1986.

Para realizar dichas proyecciones se ha seguido el método de ajuste a una recta por mínimos cuadrados, que a continuación se presenta:

AÑO	x	Demanda (y)	xy	x <sup>2</sup>
1967	1	2,797	2,798	1
1968	2	4,246	8,491	4
1969	3	3,112	9,336	9
1970	4	3,970	15,880	16
1971	5	4,573	22,864	25
TOTAL	15	18,698	59,369	55

$$\bar{x} = 15/5 = 3$$

$$\bar{y} = 18,698/5 = 3,740$$

$$b = \frac{\sum xy - \sum x \frac{\sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} = \frac{59,369 - 15(18,698/5)}{55 - (225/5)} = 327.436$$

Reemplazando en :  $\bar{y} = a + b\bar{x}$  ..... (1)

tenemos:  $a = 2,757$

luego tenemos la siguiente ecuación de la recta:

$$y = 2,757 + 327.436 x$$

en esta ecuación damos valores a "x", y tendremos los respectivos valores de "y" que vienen a ser los pronósticos de consumo para los años comprendidos entre 1972 á 1986, que se dan a continuación en la Tabla No. 7.

TABLA No. 7

PROYECCIONES DEL CONSUMO

<u>AÑO</u>	<u>Cantidad (T/A)</u>
1972	4,722
1973	5,049
1974	5,377
1975	5,704
1976	6,032
1977	6,359
1978	6,687
1979	7,014
1980	7,341
1981	7,669
1982	7,996
1983	8,324
1984	8,651
1985	8,979
1986	9,306

=====

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

Para la elaboración, tanto del DDB como del AN, se ha considerado al propileno como la Materia Prima Básica, a la cual se suma la utilización del Benceno y el Amóníaco como materias primas secundarias para el DDB y el AN, respectivamente.

#### II.1.- Materia Prima Básica: PROPILENO

El propileno (  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$  ), cuyo peso molecular es 42.078, es el segundo miembro de la serie de hidrocarburos monoetilénicos normales. Es un gas incoloro e inflamable, de olor agradable. Se encuentra asociado al etileno en las refinerías en los métodos de obtención de naftas de alto octanaje por medio de los procesos de elbilación y polimerización.

#### Fuentes de obtención

Hasta la fecha la mayor parte de propileno se obtiene por recuperación de los gases que salen del craqueo en los que siempre está presente.

La concentración de propileno en estos gases - varía del 10 al 30 %, cualquiera que sean las condiciones en que se efectúa el craqueo; es mayor la proporción del propileno al propano cuanto más alta sea la temperatura - del craqueo.

En los países donde se hacen operaciones de craqueo, el propileno es la olefina más asequible, además de disponerse de ella en concentraciones razonables, puede ser separada de los gases efluentes sin necesidad de refrigeración a baja temperatura.

En donde no se efectúa operaciones de craqueo, se puede obtener el propileno por deshidrogenación del propano usando catalizadores del tipo alúmina con óxido cromo.

En el país existe dos centros importantes de producción de estos gases de refinería: La Pampilla y la de Talara.

De acuerdo a la información disponible puede calcularse un máximo de 10,000 T/A de propileno que se puede obtener de esa fuente. Esta cantidad sería aumentada en el futuro con la instalación de una unidad de craqueo catalítico en Talara.

Una fuente aprovechable del propileno es la fracción gaseosa de la destilación de los aceites pesados sometidos al craqueo en las operaciones de refinación de petróleo. Un análisis medio de estos gases nos dá de 2-3 %

de volumen de etileno, 6-12 % de etano, 21-30 % de propileno, 38-50 % de propano, 4-13 % de butenos, 4-17 % de butanos.

Los análisis típicos de estos efluentes del craqueo vienen dados en la descripción de las diversas técnicas para la fabricación de propileno que dan rendimientos variables del propileno. Es fácil separar por destilación los gases  $C_3$  de los gases  $C_2$  y  $C_4$ ; la fracción propileno - propano se utilizan para obtener directamente el alcohol isopropílico por hidratación, a lo cual se dedica la mayor parte del propileno.

Otra fuente de obtención del propileno son las plantas de extracción de LPG del gas natural. Ya que la extracción de fracciones pesadas del gas natural antes que se produjeran grandes consumos como combustibles, también son fuentes de etano, propano y buteno; y éstos, a su vez, fuentes potenciales de olefinas etileno, propileno, etc.

Como una tercera fuente de propileno tenemos - las plantas de obtención de olefinas. El potencial de propileno obtenible de esta fuente dependerá del tipo de carga a usar y en especial de la severidad del craqueo con que se obtiene en la operación de craqueo al vapor.

En la Tabla No. 8, se muestra estos potenciales provenientes del craqueo al vapor de una nafta liviana para cuatro tipos de severidad de craqueo.

TABLA No. 8

CRAQUEO AL VAPOR DE UNA NAFTA LIVIANA

COMPONENTES	TIPO DE CRAQUEO			
	SUAVE MEDIANO		SEVERO	MUY SEVERO
	%P/P	% P/P	%P/P	% P/P
Gases livianos	10.4	16.8	19.8	20.9
Etileno	19.7	26.7	29.1	31.4
C <sub>3</sub> 'S (Propileno)	15.2 (14.3)	16.8 (15.6)	16.5 (15.1)	15.2 (14.7)
C <sub>4</sub> 'S	10.5	10.3	9.3	8.5
C <sub>5</sub>	44.2	29.4	25.3	24.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0
Relación $\frac{C_3H_6}{C_2H_4}$	0.725	0.584	0.518	0.468

Propiedades Físico-Químicas y Termodinámicas

Apariencia física	Gas incoloro
Peso molecular	42.078
Punto de congelación (14.696 psig)	-301.45 °F
Punto de ebullición	-53.86 °F

Densidad líquida a 60 °F y 14.696 psia:

Sp-Gr. <sup>60</sup> <sub>60</sub>	0.5218
Lbs/Gal	4.340

Densidad Gas a 60 °F y 14.696 psia (gas ideal)

Sp-gr. aire = 1	1.4526
Ft <sup>3</sup> /Lb.	9.020
Ft <sup>3</sup> de gas por Gal. líquido	39.23

Condiciones críticas

Temperatura	197.4 °F
Presión	667 psia

Calor de combustión a 60 °F

Btu/Lb líquida	20.943
Btu/FT <sup>3</sup> vapor a 14.696 psia	2.333
Btu/Gal líquido	90.891

Límites de inflamación



Inferior: % gas en una mezcla gas-aire	2,000
Superior: % gas en una mezcla gas-aire	11,10
Ft <sup>3</sup> de aire para quemar 1 pié cúbico de gas	21.44

Calor de vaporización a 14.696 psia en el punto de ebullición

Btu/Lb	188.19
--------	--------

Calor específico a 60 °F y 14.696 psia:

C <sub>p</sub> de vapor en Btu/Lb	0.35410
C <sub>v</sub> de vapor en BTU/Lb	0.3069
C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub>	1.1538

Presión de vapor 100 °F

psia	226.4
------	-------

<u>Número de octano (motor)</u>	84.9
---------------------------------	------

Factor de desviación a 60 °F y 14.696 psia

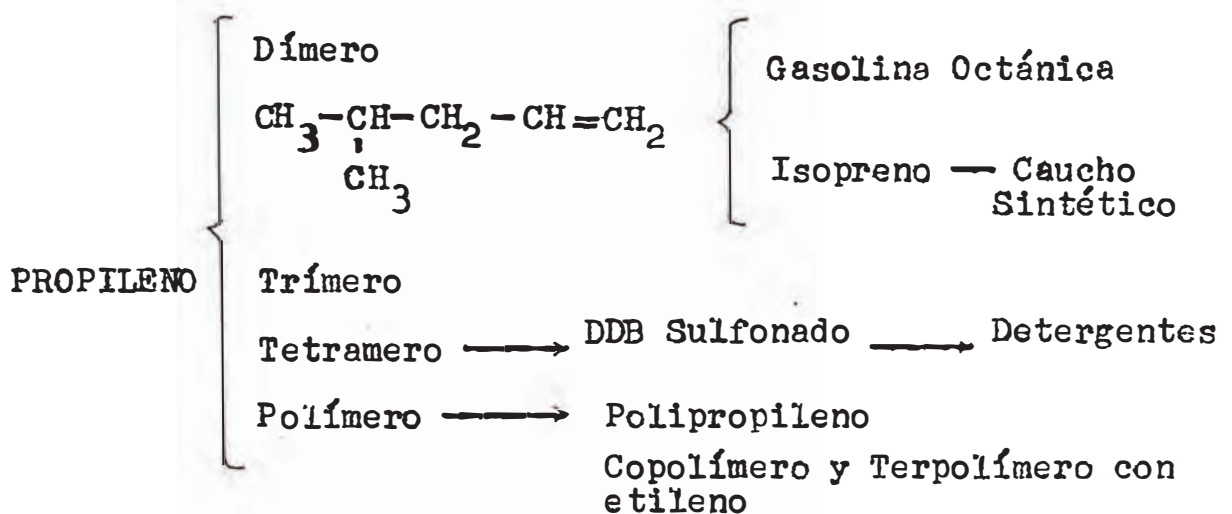
RT/PV	1.0169
-------	--------

### Aplicaciones

El propileno es considerado como materia prima básica, que dá origen a un importante grupo de productos - petroquímicos fundamentales para la economía del país y para cumplir con producir lo que le corresponde dentro del Pacto Andino.

Los diferentes caminos de utilización del propileno son los siguientes:

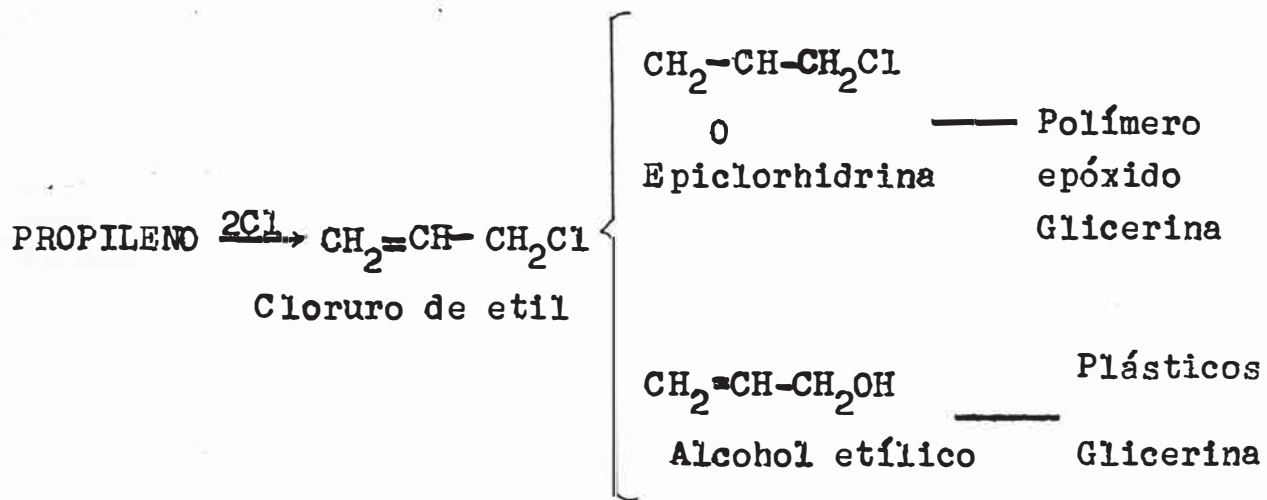
#### a.- Polimerización y copolimerización



#### b.- Hidratación

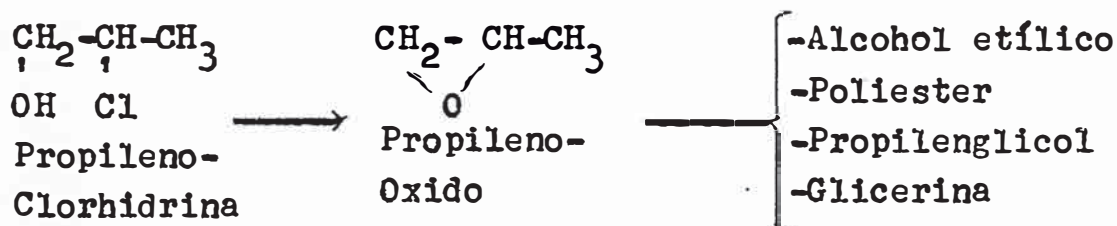


c.- Cloración

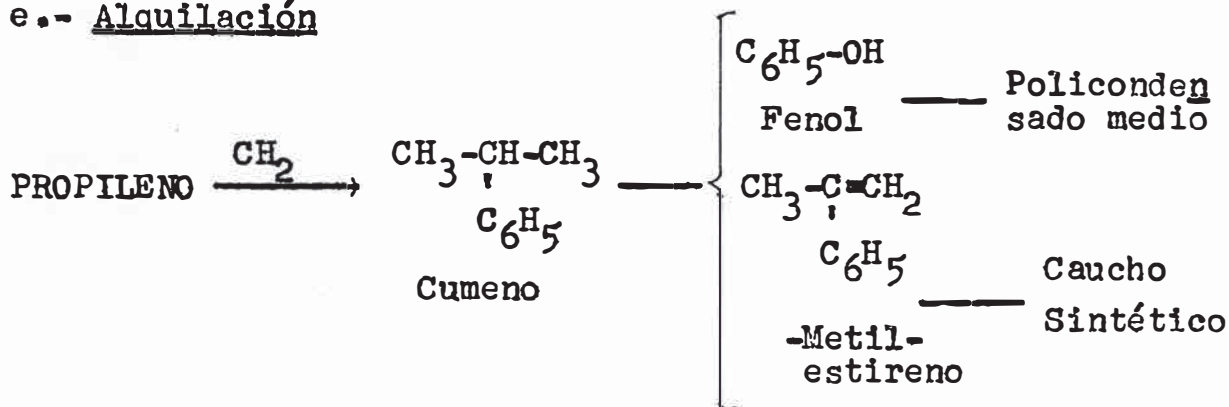


d.- Clorhidrinación

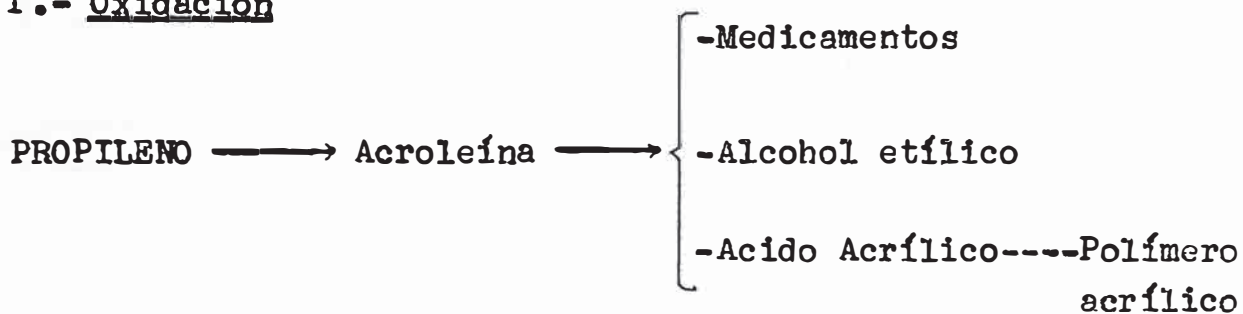
Sumando  $H_2O$  y  $Cl_2$  al PROPILENO, tenemos:



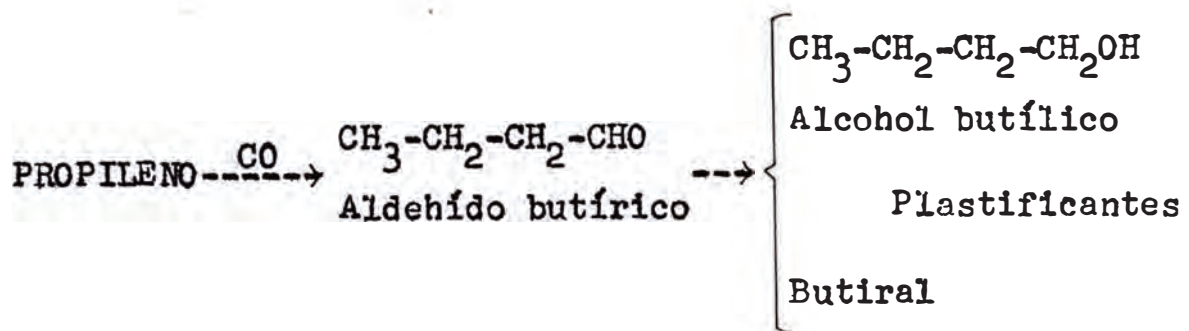
e.- Alquilación



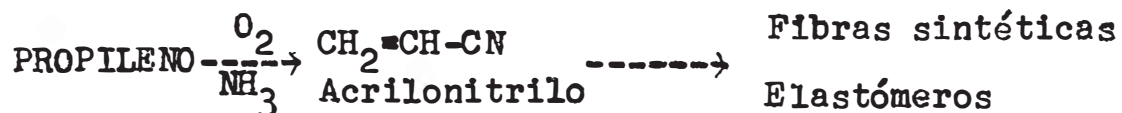
f.- Oxidación



g.- Hidroformilación



h.- Amoxidación



Abastecimiento de propileno

Debido a que en la actualidad no hay producción de propileno en el país, el abastecimiento de esta materia prima para la elaboración del DDB y el AN, está supeditada a la realización del proyecto que tiene en mente el gobierno de instalar una planta de olefinas que formará parte del futuro complejo petroquímico.

Esta planta proporcionará a partir de 1976, la cantidad de 56,000 T/A de propileno.

De no ser suficiente la cantidad de propileno - que proporcione la planta de olefinas, o de no llevarse a cabo dicho proyecto, la alternativa a seguir sería la importación del propileno. Situación que se aclarará en el Capítulo V, al determinar la capacidad de las plantas de DDB y AN.

Los países de donde se podría importar el propileno pueden ser Alemania Occidental, Reino Unido y Suiza . Países que, en la actualidad, nos vende pequeñas cantidades de este producto.

## II.2.- BENCENO: Generalidades

El Benceno ( $C_6H_6$ ), cuyo peso molecular es de 78.108, es un hidrocarburo aromático, líquido, volátil, incoloro, inflamable y de olor aromático característico, que se emplea generalmente como disolvente, como combustible - en los motores de explosión. Tiene muchas otras aplicaciones en la industria, que no se consideran en esta tesis debido a que son por demás conocidas y que se pueden encontrar con facilidad en cualquier libro de Química Orgánica.

### Fuentes de obtención

El gran impulso al empleo de las fuentes de suministro de Petróleo para la producción de Compuestos Aromáticos, se manifestó a principios de la Segunda Guerra Mundial, cuando la demanda del Tolueno, principalmente para la elaboración de los explosivos excedía bastante a la cantidad disponible de las fuentes de suministro de carbón en los Estados Unidos.

Los Compuestos Aromáticos se encuentran presentes en las fracciones de petróleo directas, únicamente en cantidades relativamente pequeñas. Así tenemos que el contenido de Benceno, Tolueno y Xileno, en las gasolinas de destilación directa, con 150 °C de temperatura final de ebullición, no es superior a un total de 10 y 12 %. Algunos crudos contienen en sí mismo hasta 6 % de Compuestos Aromáticos. Las fracciones ligeras de algunos petróleos crudos

contienen cantidades mucho mayores aunque estos crudos de mayor contenido de Compuestos Aromáticos son poco frecuentes.

La separación directa de los compuestos aromáticos a partir del petróleo usualmente no es digna de tomarse en cuenta, debido a las bajas concentraciones que a su vez dan rendimientos bajos y a la dificultad de separar los de los Naftenos cuyo intervalo de ebullición es similar. Es por esto que para elevar el rendimiento de Aromáticos es necesario convertir series no Aromáticas en Aromáticas.

Esta conversión se justifica si consideramos que una nafta ligera tiene además del 10 - 12 % de aromáticos conocidos como serie BTX, un 20 á 50 % de naftenos.

#### Procesos de obtención de BTX

Para poder llevar a cabo la conversión de naftenos a aromáticos, se creó diferentes métodos, entre los cuales los más importantes son el de la Reformación Catalítica y el de Craqueo al Vapor. Estos métodos sirven para la obtención del BTX en conjunto, para luego realizar la operación de extracción y fraccionamiento de los mismos.

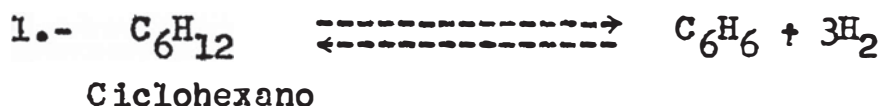
##### a.- Reformación Catalítica.

La Reformación Catalítica es uno de los procesos más útiles de la refinación. Se usa para mejorar la

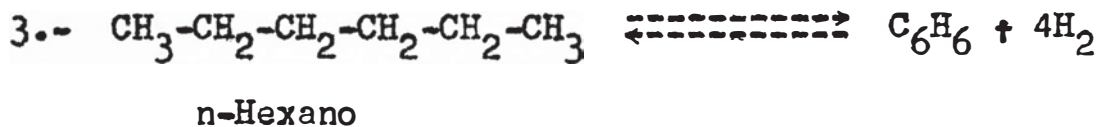
calidad de las naftas y gasolinas, fundamentalmente, y también para la producción de aromáticos. Este proceso utiliza presiones bajas ( 10 Kg/cm<sup>2</sup> ); también utiliza un catalizador de tal modo que las reacciones son más completas, obteniéndose mayor rendimiento y mejor control. Entre las principales reacciones que se producen tenemos<sup>o</sup>:

- 1.- Deshidrogenación de naftenos
- 2.- Isomerización de parafinas y naftenos
- 3.- Deshidrogenación de parafinas
- 4.- Hidrocraqueo de parafinas
- 5.- Hidrogenación de olefinas
- 6.- Conversión de olefinas
- 7.- Conversión de compuestos orgánicos de azufre en hidrocarburos puros e hidrógenos.

De todas estas reacciones las más importantes y que están relacionadas directamente con la obtención de aromáticos son las tres primeras; las ecuaciones que representan estas reacciones son:







Un proceso de Reformación Catalítica utilizado para la producción de hidrocarburos aromáticos a partir de una nafta puede alcanzar un rendimiento de hasta 30 á 40 %.

#### b.- Craqueo al Vapor

Este otro proceso para la obtención de aromáticos también tiene una gran importancia debido a que mediante él se puede llevar a cabo el propósito de producir en la misma planta, además de los aromáticos las olefinas.

El craqueo a Vapor ( Descomposición Térmica ), cuya finalidad es la de transformar una o más fracciones pesadas en otras más livianas, puede utilizar como carga:

- Hidrocarburos ligeros como Etano y Propano
- Gases licuados de petróleo
- Naftas
- Fracciones puras de destilación como Kerosene y Gas Oleos.

Los incentivos positivos de este proceso, son el hecho de que produzca aromáticos y olefínicos al mismo tiempo y la utilización de diversas fracciones como alimentación. El craqueo a vapor de una nafta liviana tiene un rendimiento en aromáticos del 10 al 12 %.

### Extracción y fraccionamiento de aromáticos (BTX)

La mezcla BTX obtenida con cualquiera de los procesos citados anteriormente se somete después a tratamientos especiales para lograr la extracción y separación de las fracciones que convengan. Estos métodos se pueden agrupar en 6 clases:

- a.- La destilación fraccionada
- b.- La destilación azeotrópica
- c.- La destilación por arrastre
- d.- La extracción por solvente
- e.- La adsorción en un sólido
- f.- La cristalización

De estos procesos los que se refieren a destilación no son aplicables a nuestro caso debido a que los puntos de ebullición de los componentes BTX son muy próximos. Para eliminar este inconveniente, el método más adecuado es el de extracción por solvente, ya que este se basa en las diferentes solubilidades que tienen los componentes BTX en un solvente dado.

Por medio de la extracción por solvente se separa la fracción de aromático y no aromático, luego la fracción BTX se somete a una destilación fraccionada para obtener Benceno, Tolueno y Xileno por separado. El costo del benceno obtenido mediante este sistema ( Refor. Cata., extracción y unidad de dealquilación del Tolueno a Benceno ),

es de 1.4 ctvs de dólar por libra.

### Abastecimiento del Benceno

En la actualidad en el país no se cuenta con producción de aromáticos. Solamente existe entre los planes de PETROPERU el Proyecto de Instalación de una unidad de Steam Cracking y otra de Reformación Catalítica, la misma que para el año de 1976 contará con una capacidad de procesamiento de 275,000 T/A de nafta, que a la vez nos proporcionará 50,000 T/A de BTX ( 22,000 T/A de Benceno.).

De llevarse a cabo el proyecto se tendría solucionado el abastecimiento de esta materia prima para la Planta de DDB.

En el caso de no realizarse el proyecto nos veríamos en la necesidad de importar el Benceno, que podría ser de Colombia ( Complejo de Barranca-Bermeja ), por ser el único país del Grupo Andino que cuenta con producción de BTX ( 116,000 T/A ), o de Italia, Estados Unidos y Alemania Occidental, que son los países que en la actualidad nos proveen de dicho producto.

### II.2.1.- Propiedades del Benceno

El benceno es un compuesto orgánico aromático

$C_6H_6$ , que tiene las siguientes propiedades:

Peso molecular	78.108
Densidad ( $d_4^{20}$ )	0.87903
Densidad ( $d_4^{25}$ )	0.87368
Índice de refracción ( $n_D^{20}$ )	1.5011
Índice de refracción ( $n_D^{25}$ )	1.4979
Punto de fusión	5.506 °C
Punto de ebullición	80.103 °C
Punto de inflamación (en vaso cerrado)	-11.1 °C
Temperatura de ignición	538 °C
Límite explosivo con el aire	1.5-8.0% en Vol.
Solubilidad a 15 °C: de 18 gr. en 100 gr. de agua	

El benceno como líquido, tiene:

$\Delta H_f$ 298	11.72 Kcal/mol
$\Delta S_{298}$	41.11 Cal/mol °K
$\Delta G_f^{\circ} 298$	29.72 Kcal/mol
L $K_p$	-21.788

El benceno como gas, tiene: (con las mismas unidades)

$H_f$ 298	19.82
$S_{298}$	64.34
$G_f^{\circ} 298$	30.99
L $K_p$	-22.714

### II.3.- AMONIACO: Generalidades

El amoníaco,  $\text{NH}_3$ , es un gas alcalino con peso molecular 17.03, más ligero que el aire, incoloro, de olor penetrante característico. Entre las principales características físicas, tenemos:

- Punto de ebullición	- 33.35 °C
- Punto de fusión	- 77.7 °C
- Presión crítica	116.5 Kg/cm <sup>2</sup>
- Calor específico a 1 atm. y 0 °C	0,5009
- " " " " " " 100 °C	0.5317
- Calor de formación ( 0 °K )	10,329 Cal
- " " " ( 700 °K )	12,000 "
- " " " ( 1000 °K )	12,800 "
- Solubilidad en agua a 1 atm. y :	
0 °C	42.8
20 °C	33.1
40 °C	23.4
60 °C	14.1

Las solubilidades están dadas en % en peso de Amoníaco (  $\text{NH}_3$  ).

Mediante la compresión y el enfriamiento, el gas amoníaco se condensa en un líquido cuya densidad es a proximadamente 0.6 la del agua, que tiene gran presión de vapor a temperatura ordinaria y, por tanto, para su despa

cho comercial es necesario envasarlo en recipiente de presión.

### Procesos de obtención

Por muchos años se obtuvo el amoníaco comercial principalmente como subproducto en la fabricación de coque y gas de hulla y aún hoy se produce de esta manera gran cantidad, si bien el método más importante es la síntesis directa con nitrógeno e hidrógeno.

Otro procedimiento que tuvo alguna importancia en la Primera Guerra Mundial y poco después es de la cianamida, que comprende la fijación de nitrógeno de la atmósfera en forma de cianamida de calcio,  $\text{CaCN}_2$  y la reacción de la cianamida con vapor de agua para formar amoníaco.



Como se dijo anteriormente el proceso más importante para la obtención del amoníaco es el de síntesis que consiste principalmente en producir una mezcla gaseosa que contenga hidrógeno y nitrógeno en proporción de 3 á 1 en volumen; purificar esta mezcla y sintetizar el amoníaco a presión en presencia de un catalizador adecuado ( el Osmio en estado de ebullición fina ), para hacer la síntesis directa del amoníaco se puede tomar  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$  puros de cualquier procedencia, según la facilidad con que se obtenga la materia prima y atendiendo a otras consideraciones eco

nómicas. Los métodos principales para la obtención de hidrógeno, mencionados según su importancia, son:

- 1.- Descomposición de vapor de agua sobre lignito o coque caliente para formar gas de agua;
- 2.- Reformación térmica de hidrocarburos con vapor de agua;
- 3.- Electrólisis del agua;
- 4.- Obtención de hidrógeno como subproducto del tratamiento de la hulla.

El nitrógeno se suministra de las siguientes formas:

- 1.- Mezclando gas pobre con gas de agua antes de la purificación del gas de síntesis;
- 2.- Del aire líquido;
- 3.- Quemando suficiente hidrógeno con aire para producir la necesaria razón de hidrógeno y  $N_2$ .

### Aplicaciones

Además de la utilización del  $NH_3$  para la fabricación del AN se utiliza en las siguientes ramas de la industria:

#### a.- Industria de explosivos

Es uno de los mayores consumidores del amoníaco. Se usa principalmente convertido en  $HNO_3$  para la fabri

cación del dinitrotolueno, trinitrotolueno, nitroglicerina, nitrocelulosa, nitroalmidón, tetranitrato de pentaeritritol.

b.- Industria textil

Se usa principalmente para producir fibras sintéticas como el rayón de cupramonio y el nylon.

c.- Industria de fertilizantes

Consume gran cantidad de amoníaco y sus compuestos. Los principales portadores del nitrógeno con que se preparan fertilizantes son: amoníaco anhidro, solución de amoníaco, soluciones de nitrato de amonio y amoníaco, soluciones de urea y amoníaco, nitrato de amonio, sulfato amónico, urea, ciamida de calcio y nitrato de sodio.

Las cuatro primeras sustancias antes mencionadas sirven para amoniar superfosfatos en la preparación de fertilizantes mixtos.

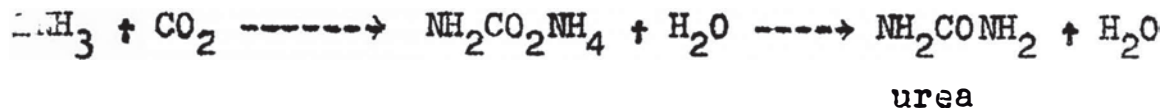
d.- Industria de resinas sintéticas

Se usa amoníaco como catalizador y para regular el pH durante la polimerización de resinas de fenol y formaldehído y de urea y formaldehído.

En estas reacciones se añade el amoníaco en forma de hexametileno-tetramina producida por reacción de amoníaco y formaldehído. La urea, uno de los componentes de



las resinas de urea y formaldehído, se produce ordinariamente en las plantas de amoníaco sintético haciendo reaccionar a presión amoníaco y dióxido de carbono.



e.- Industria farmacéutica

Es un ingrediente importante en la fabricación de sulfanamidas y se usa también en la fabricación de medicamentos antipalúdicos.

f.- Industria petrolera

En la refinación de algunos aceites, se emplea el amoníaco como neutralizante para evitar la corrosión de condensadores de ácidos, intercambiadores de calor, etc. del equipo de destilación. Se aplica el amoníaco a la torre de burbujeo de la unidad condensadora para neutralizar el ácido clorhídrico que se forma por descomposición de la salmuera que ordinariamente se halla en el aceite crudo.

g.- Industria del caucho

Se añade amoníaco al látex crudo para evitar la coagulación durante su transporte desde las plantaciones de caucho hasta la fábrica.

## h.- Industria de la refrigeración

Es el amoníaco el refrigerante más usual, sobre todo en grandes instalaciones industriales. Se puede usar en sistemas de compresión o de absorción para los fines siguientes: fabricación de hielo, almacenamiento en frigoríficos, unidades de congelación rápida, refrigeradores de alimento, acondicionamiento de aire de grandes instalaciones industriales y extracción de parafinas de los aceites lubricantes.

Ciertas características del amoníaco como el gran calor latente de vaporización, la baja densidad de vapor, la estabilidad química y la reducida corrosión de piezas de hierro, hacen que el costo de preparación por tonelada sea más bajo con amoníaco que con cualquier otro refrigerante que se usan en sistemas industriales.

### Abastecimiento del Amoníaco

Actualmente en el país existen dos plantas que producen pequeñas cantidades de amoníaco:

- Fertilizantes Sintéticos ( FERTISA ), en Lima, cuya producción en su 90 % lo utiliza para la fabricación de nitrato de amonio, sulfato de amonio y el 10 % restante es vendido para ser utilizado como refrigerante en la industria.

- La planta de Fertilizantes de Cachimayo del Cuzco,

que utiliza toda su producción de  $\text{NH}_3$  en la preparación de fertilizantes.

Existe en proceso de instalación una planta de fertilizantes en el norte del país, que también producirá amoníaco, el mismo que será utilizado en la elaboración de la urea.

En lo que se refiere a proyectos cabe mencionar que la BAYER ( Lima ), tiene en mente la instalación de una pequeña planta de amoníaco para su autoabastecimiento en la fabricación de fibras acrílicas.

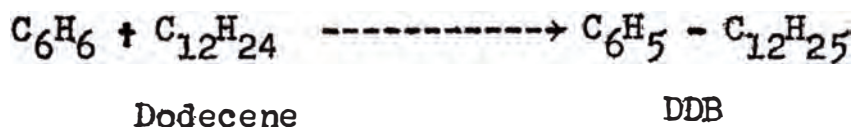
Dada la situación, el único camino a seguir para el aprovisionamiento de esta materia prima sería la importación. Los países de donde se podría importar el amoníaco para la planta de AN pueden ser: Alemania Occidental, Estados Unidos, Italia y Reino Unido, que son los que en la actualidad nos proveen de este producto.

### CAPITULO III

#### ESTUDIO DE LOS PRODUCTOS

##### III.1.- Dodecibenceno

El DDB es un producto derivado de la industria del petróleo que en Petroquímica se le calificó como un producto intermedio y así es efectivamente porque es la base de los detergentes Alkil-Aril-Sulfonados, el producto Alkil-Aril formado por un anillo aromático (  $C_6H_6$  ) y una cadena larga de hidrocarburos ( Tetrapropileno ).



Se comprobó que los catalizadores apropiados para esta condensación son el cloruro de aluminio, fluoruro de hidrógeno y el ácido sulfúrico.

Si se trabaja con ácido sulfúrico, conviene emplear temperaturas de unos 30 °C. Para una determinada razón molar de benceno a dodecene, el  $H_2SO_4$  da mayores rendimientos de DDB que el Fluoruro de hidrógeno ( HF ) o el

cloruro de aluminio (  $AlCl_3$  ), pero los productos quedan contaminados por olefinas indeseables.

Desde 1954 la venta de detergentes sintéticos ha superado la de jabones y en 1963 representa el 77 % de las ventas totales de detergentes que alcanza 2,600'000,000 de kilogramos.

En Europa se utiliza como detergente el Teepol que es una mezcla de sales de sodio de sulfatos ácidos de alquilo secundarios que tienen de 8 á 18 átomos de carbono. Se prepara por sulfatación de una fracción de olefinas que se obtiene por cracking de petróleo.

Los detergentes sintéticos usados en mayor cantidad en 1963 fueron las sales sódicas de los ácidos sulfónicos aromáticos alquilados cuya producción alcanzó a 298 millones de kilogramos.

Esta gran utilización ha causado sin embargo, serias dificultades debido a que los compuestos aromáticos de cadena ramificada no se destruyen por los microorganismos como los jabones o los sulfatos de alcoholes de cadena recta y han aparecido en las aguas de uso doméstico; amenazados por una acción gubernamental los fabricantes de detergentes han convenido en comercializar alquil sulfonatos de cadena recta biodegradables desde 1965.

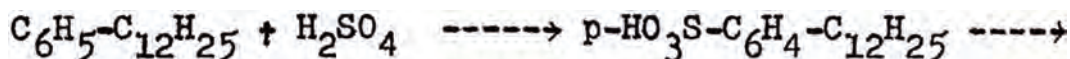
### III.1.1.- Propiedades

- Punto de fusión	- 2°C
- Punto de ebullición	330 °C
- Densidad $d_4^{20}$	0.8558
- Índice de refracción $n_D^{20}$	1.4828
$\Delta H_f^{298}$	-42.71 Kcal/mol
$\Delta S_{298}$	179.63 Cal/mol°K
$\Delta G_f^{298}$	50.62 Kcal/mol
L Kp	-37.104

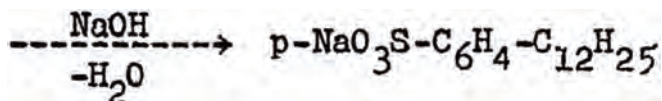
Las cuatro últimas propiedades son para el DDB en estado gaseoso.

### III.1.2.- Aplicaciones

El DDB es un importante intermediario en la preparación de detergentes. El compuesto se sulfona con ácido sulfúrico y el ácido sulfónico resultante se neutraliza con una base.



Dodecylbenceno



El DDB, cuya utilización ha tenido gran incremento desde 1965, ha originado un mercado muy vasto por

desarrollar dentro del país.

En el Perú, el DDB se importa para la fabricación de detergentes de uso doméstico en su mayor volumen.

Actualmente existen 3 plantas formuladoras de detergentes: Procter y Gamble del Perú S. A., Industria de Detergentes S. A. ( INDESA ) y Química Ventanilla S. A.

Estas plantas se repartieron en el año 1968 las importaciones del DDB, para la elaboración de sus detergentes de la manera como indica la Tabla No. 9.

El volumen total importado de ese año se utilizó en la elaboración de 18,350 toneladas de detergente final con un contenido de tripolifosfato de sodio.

El detergente final contiene de 25 á 30 % de DDB y alrededor del 35 % de tripolifosfato de sodio.

TABLA No. 9

Unidad: TM

<u>Planta</u>	<u>1968</u>
Procter y Gamble (DETERPERU)	2,546
INDESA	1,527
Química Ventanilla	173
<u>Total</u>	<u>4,246</u>

El consumo de tripolifosfato de sodio por estas compañías, entre los años de 1965 á 1968, se dan en la siguiente tabla:

TABLA No. 10

Consumo de Tripolifosfato de Sodio

<u>Compañía</u>	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>
Procter y Gamble (DETERPERU)	1,518	1,730	2,708	3,900
INDESA	1,748	1,892	2,104	2,400
Química Ventanilla	--	--	--	--

Como datos estadísticos se dá a continuación la producción de detergentes formulados por estas compañías.

TABLA No. 11

Producciones de Detergentes Formulados

TM/A.

<u>Compañías</u>	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>
Procter y Gamble (DETERPERU)	6,221	7,340	9,188	11,120
INDESA	5,668	6,205	6,908	6,600
Química Ventanilla	--	--	--	630



Todas las compañías fabrican detergentes del tipo granulado, los mismos que son vendidos en el mercado con los siguientes nombres:

INDESA, produce

ÑA PANCHA

DRIVE

SOFTLY

DETERPERU, produce

ACE

ARIEL

Química Ventanilla, produce

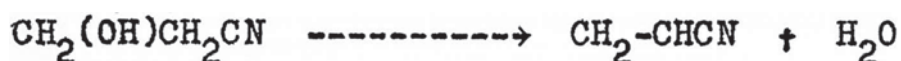
TOPAZ, además vende sus productos con el nombre de las tiendas comerciales, ejemplo, Monterrey, Tía, Scala, etc.

La materia prima viene siendo importada en su mayor porcentaje de la firma Oronite Chemical Co., subsidiaria de Chevron Co. Standard Oil de California y últimamente de México (PEMEX).

### III.2.- AN

El AN (cianuro de vinilo),  $\text{CH}_2=\text{CH}:\text{CN}$ , nitrilo del ácido acrílico, peso molecular 53.03, es un líquido incoloro de olor leve un tanto parecido al del fósforo o al de piridina en solución diluida. Fue preparado por Nouren, en 1893, con cianidrina etilénica y también con acrilamida;

en ambos casos por eliminación de los elementos del agua mediante la reacción con el pentóxido de fósforo:



El acrilonitrilo fué solamente una curiosidad de laboratorio hasta que en el período comprendido entre 1927 y 1940 los alemanes empezaron a utilizar sus copolímeros con butadieno para la fabricación del caucho sintético buna-N, resistente a los aceites. Su fabricación en los Estados Unidos empezó en 1940 y creció rápidamente con motivo de las necesidades de la guerra, sobre todo para el revestimiento interior de tanques de gasolina de autoclusión. El caucho sintético de AN fué el único material de esta clase que se ajustó a todos los requisitos de resistencia, elasticidad y resistencia al combustible de alto octanaje. Las perforaciones hechas por proyectiles de media pulgada o más, en tanques de aeroplanos se ocluían casi instantáneamente y de manera tan completa que el combustible se mantenía sin pérdida de presión. Los productos de AN polímero tiene cada días más aplicaciones, como en la fabricación de fibras artificiales. El AN monómero es insecticida y se emplea como intermedio en síntesis química.

#### Métodos de obtención

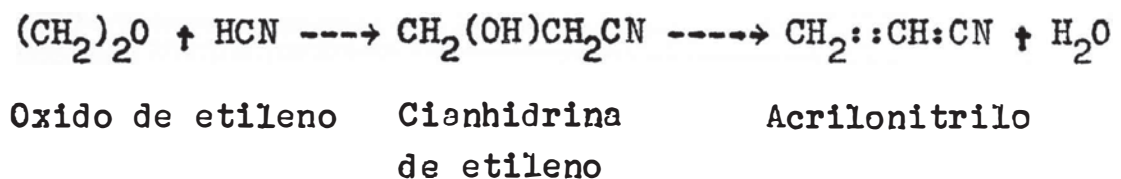
Existen varios métodos para la obtención del AN

que han sido demostrados y varios procesos desarrollados que presentan concentraciones prácticas de éste, especialmente en la amoxidación del propileno.

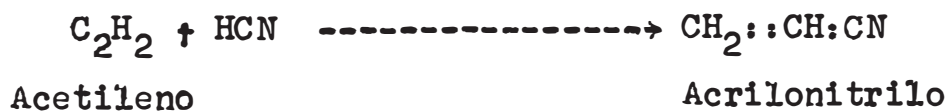
Generalmente en la mayoría de los casos es usado el proceso Sohio.

### Reacciones para la obtención

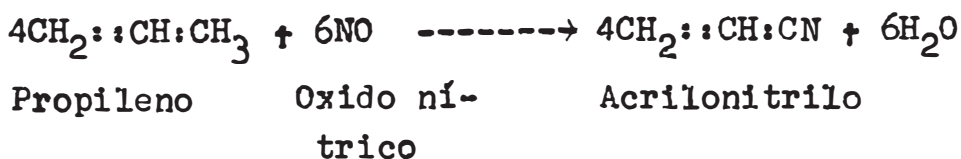
1.- Deshidratación catalítica de la cianhidrina de etileno:



2.- Reacción catalítica de acetileno y HCN:



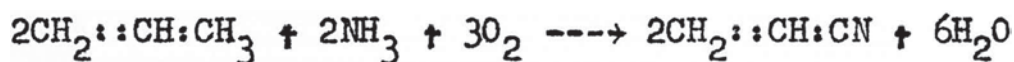
3.- Reacción catalítica de propileno con óxido nítrico:



Esta reacción emplea catalizador de óxido de plata con sílice; la temperatura de reacción se encuentra en el rango de 500 °C.

Du Pont tiene una planta en BEAUMONT, TEXAS, que emplea este proceso basado en la reacción.

4.- Oxidación catalítica de propileno y amoníaco:



Propileno

Acrilonitrilo

### AN en Estados Unidos

La producción de AN es esperado que crezca de 9 á 10 % al año. De 1,157 millones de libras en 1969 á 2,000 millones de libras para 1975. Se espera también que el valor promedio baje de 11 á 12 ctvos. por libra, tal vez a 10 ctvos. por libra.

### III.2.1.- Propiedades físicas, químicas y termodinámicas

- Punto de congelación - 83 á -84 °C
- Punto de ebullición a 760 mm. de Hg 77 °C con un aumento o disminución de 0.043 °C por mm.

La mezcla azeotrópica con agua tiene un punto de ebullición de 70.5 á 70.7 °C (760 mm.); la mezcla contiene 12 % de agua en peso; densidad 0.8004 gr/ml á 25 °C y 0.8060 a 20 °C; el índice de refracción a 25 °C es de 1.3884;  $n_D^{20}$  es igual a 1.3911, calor latente de vaporización, 7,800 cal/ mol a 0.80 °C. El calor de combustión es

de 420.5 Kcal/mol ó 7,925 Cal/gr.; calor específico 0.50  $\pm$  0,30 cal/gr., punto de inflamación e ignición es de  $0^{\circ} \pm 2.5^{\circ} \text{C}$ .

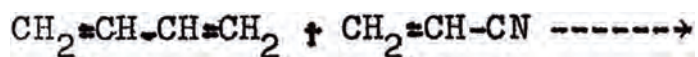
Mezclas explosivas con aire, acrilonitrilo 3.05 % en Vol. (límite inferior), 17.0  $\pm$  0.5 % en Vol. (límite superior). Es soluble en todas proporciones en acetona, benceno, xileno y en algunos kerosenos.

#### Acrilonitrilo como intermedio químico

Hay dos puntos de gran actividad química en la molécula de AN, que por separado o juntos, pueden rápidamente reaccionar con otras sustancias: el enlace C::C y el radical CN. Esto produce todas las reacciones conocidas de este grupo en los compuestos orgánicos; por ejemplo, por hidrólisis es convertido en amida y luego en carboxilo; también puede ser reducido a amina, en el enlace C::C, el AN puede ser reducido a propionitrilo. El enlace etilénico del AN, por su reacción conjugada con el radical CN insaturado, entra en muchas reacciones de adición que no se pueden por simple enlace olefínico.

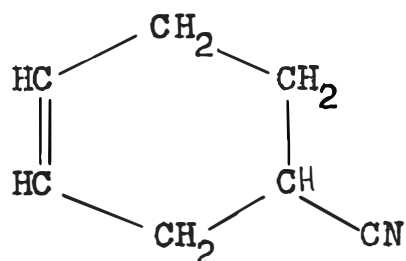
El enlace C::C del AN es muy reactivo; puede dar reacciones del tipo Diels Alder con los dienos y forma productos de adición con compuestos que tienen hidrógenos activos. Estas últimas reacciones se denominan frecuentemente como "reacciones de ciano etilación", porque se introduce un grupo cianoetilo en la molécula reaccionante.

Reacción Tipo Diels Alder



Butadieno

Acrilonitrilo



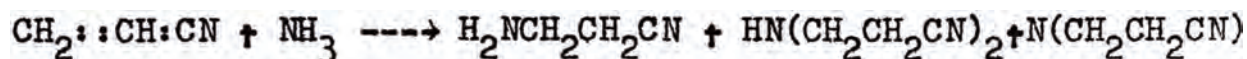
El agua reacciona con el cianoetilo en presencia de bases fuertes.



Acrilonitrilo

Es difícil detener la reacción en la etapa de la cianhidrina. El éter dicianico es un interesante solvente selectivo de los hidrocarburos aromáticos.

El AN también reacciona con otros compuestos que poseen hidrógeno activo, tales como cetonas, nitroparafinas y amoníaco o aminas.



Los alcoholes se comportan en forma similar al agua en presencia de bases fuertes.



Esta reacción se está aplicando a las fibras de celulosa, obteniendo productos tales como algodones cia noetilados. El algodón se trata primero con hidróxido de sodio y luego con AN, a 57 °C (135 °F). Este tratamiento facilita el teñido del algodón y aumento su resistencia a la abrasión y el estiramiento. La fibra de algodón modificada muestra también mayor retención de resistencia, después de exponerla al calor y resiste en forma permanente la podredumbre y el moho. Este modo de tratar la fibra de algodón se está estudiando mucho y promete dar a la industria un nuevo tipo de fibra.

### III.2.2.- Aplicaciones

El AN es un intermediario químico muy importante. Como copolímero con el butadieno, produce un importante caucho sintético ( Buna N ), que es particularmente resistente al ataque de solventes hidrocarbonados.

El AN se polimeriza fácilmente, dando polímeros lineales de características apropiadas para la formación de fibras. Estas fibras se expenden bajo los nombres de "Orlón" o "Acrilan".

Los productos elaborados con elastómeros de AN comprenden revestimientos para tanques de gasolina, mangueras para gasolina, monturas de máquinas, piezas de automó-

viles, tacones y suelas de zapatos. Los tubos y tapones hechos con este material son muy útiles en laboratorios,

Otro campo de aplicación muy importante del AN es la elaboración de las resinas ABS (acrilonitrilo, butadieno, estirero ) y SAN ( stireno y acrilonitrilo ).

En Estados Unidos las resinas ABS y SAN han crecido en un nivel más rápido con relación a las fibras acrílicas, esto ha repercutido en la demanda para el AN, ya que éste satisface del 25 al 30 % de la materia prima. Basado en este crecimiento está previsto que la manufactura de estos plásticos absorberán 17 % de AN para 1975, comprado con el 13 % en 1969.

Las tablas siguientes nos muestran las compañías productoras de ABS y SAN en los Estados Unidos, así como las diversas aplicaciones de estas resinas.

TABLA No. 12

PRODUCTORAS DE RESINAS ABS y SAN

(Millones de Lbs./mes)

<u>Compañía</u>	<u>Capacidad Aprox. 69/70</u>
Dow	70
Goodrich	25
Marbón (Borg Warner)	230
Monsanto	180
Rexall	40



Sinclair-Koppers	10
Unión Carbide	35
Uniroyal	200
<b>Total</b>	<b>780</b>

TABLA No. 13

APLICACIONES DE LAS RESINAS ABS y SAN

( 1967 )

Aplicaciones	Millones de Lbs.	%
Equipos de transporte	60	15
Envases y envolturas	18	5
Aparatos eléctricos	75	19
Otros equipos	14	3
Productos de construcción	60	15
Productos de consumo	80	20
Exportación	33	8
Varios	60	15
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>100</b>

En la industria automotriz tiene perspectivas virtualmente ilimitadas. Actualmente se utiliza 4.5 Lbs. de resinas por carro, mientras que en vehículos experimentales se está incorporando no menos de 450 Lbs.

El reciente crecimiento en el mercado para fibras acrílicas ha sido un factor importante a fines del año de 1967 para la demanda de AN.

La fabricación de fibras acrílicas en el año de 1969, absorbió el 48 % de la producción de AN en los Estados Unidos y se predice que para el año de 1975 consumirá el 75 %.

Una lista de las compañías productoras de fibras acrílicas y sus diversas aplicaciones, es mostrada en las tablas que se dan en la siguiente página.

En el Perú, la principal aplicación del AN, está en la elaboración de las fibras acrílicas, las que son empleadas en la industria textil para hilados.

Otro campo de aplicación en el país es la de resinas ABS y SAN, que se viene consumiendo en pequeños volúmenes y prácticamente sólo con carácter experimental, para fabricar mangos de herramientas y utensilios; para bobinas textiles y cascos. Las resinas ABS se emplean para dar consistencia a las tuberías de plástico ( 3 % de la constitución de éstos ).

TABLA No. 14  
PRODUCTORAS DE FIBRAS ACRILICAS  
(Millones de Lbs.)

Compañía	Nombre de la fibra	Capacidad Aprox. 1970
Du Pont	Orlon	280
Monsanto	Acrilan	220
America Cyanamid	Creslan	100
Dow Badische	Zefran	40
Eastman Kodak	Verel	40
Union Carbide	Dynel	40
Total	....	720

TABLA No. 15  
APLICACIONES DE FIBRAS ACRILICAS  
(1965)

	Millones de Lbs.	%
Alfombras	144	40
Chompas	71	20
Tejidos	50	14
Fabricación de pieles	35	10
Telas finas	25	7
Frazadas	17	5
Varios	13	4
Total	355	100

## CAPITULO IV

### ESTUDIO DE LOS PROCESOS

#### IV.1.- Aspectos generales

Por la información que se ha podido conseguir en la bibliografía existente con relación a la fabricación de estos productos, podemos decir que los procesos de obtención en vigencia son los siguientes:

#### Para el AN

- 1.- SOHIO ( Standar Oil de Ohio ).
- 2.- BP ( Destillers ) UGINE. - Utiliza reactor de lecho fijo.
- 3.- Montecatini Edison. - Utiliza reactor de lecho fluído.
- 4.- OSW. - Utiliza reactor de lecho fijo ( no ha sido comercializado ).
- 5.- KUHLMAN.

#### Para el DDB

- Para polimerización del tetrámero, tenemos:

- 1.- M. W. KELLOG.

- 2.- Chevron Research.
  - 3.- Chevron Research and Hidrocarbon Research.
  - 4.- Universal Oil Products ( UOP ).
- Para la alquilación del benceno, tenemos:

- 1.- Chevron Research.
- 2.- Continental Oil.
- 3.- California Chemical.
- 4.- Universal Oil Products ( UOP ).

Las compañías productoras de AN que trabajan en Estados Unidos, Japón y Europa, utilizando estas patentes son:

TABLA No. 16  
COMPAÑIAS PRODUCTORAS EN EE. UU.  
(Milliones de Libras por año)

Compañía	Capacidad Inicial	Localización	Ampliación	Total 72/73
Monsanto	375	Alvin, Texas		375
Vistron	220	Lima, Ohio		500
	80	Lima, Ohio	200	
Du Pont	180	Menphis, Tenn	200	380
American Cyanamid	125	Fortier, La.		125
B.F.Goodrich	45	Calvert City Ky.		45
Total	1,025		400	1,425

TABLA No. 17

COMPAÑIAS PRODUCTORAS EN EL JAPON

( Millones de libras por año )

Compañía	Capacidad Inicial	Ampliacion	Total 70/71
Sumitomo	120	160	280
Asahi	100	200	300
Mitsubishi	100		100
Nitto	60	80	140
Showa Denko	40	60	100
Mitsui Toatsu	20	25	45
Mitsui Petrochemical	20	20	40
Toyo Mitsui		70	70
<b>Total</b>	<b>460</b>	<b>615</b>	<b>1,075</b>

TABLA No. 18  
COMPAÑIAS PRODUCTORAS EN EUROPA  
( Millones de libras por año )

Compañía	Localización	Capacidad Inicial	Amplia- ción	Total 70/71
Hoechst	W. Germany	45	200	245
Erdochemie (BP/Bayer)	W. Germany	220	220	440
Border Chemi- cals (BP/ICI)	U. K.	110		110
Monsanto	U. K.	150	50	200
Rumianca	Italia	55		55
Sincat	Italia	130		130
ANIC	Italia	65	65	130
Montedison	Italia	65	65	130
Ugilor	Francia	260	60	320
D. S. M.	Holanda	100	100	200
<b>Total</b>		<b>1,200</b>	<b>760</b>	<b>1,960</b>

De acuerdo a las consultas realizadas, a organismos estatales tales como el Ministerio de Industria y Comercio ( MIC ), Oficina Nacional de Integración ( ONIT ), INDUPERU, etc., vemos que de las patentes existentes, las que ofrecen su proceso al Perú, son:

Tolueno:

- UOP ( polimerización y alquilación )
- Chevron ( Polimerización y alquilación )

Acrylonitrilo:

- Sohio ( amoxidación )

#### IV.2.- Características de los procesos existentes

Entre las características que podemos anotar, acerca de los diferentes procesos mencionados en el ítem anterior, tenemos:

##### Procesos de polimerización

- Proceso de polimerización M. W. KELLOGG

Está diseñado a obtener gasolina de alto octanaje usando catalizador sólido de pirofosfato cúprico y la alimentación contiene cerca de 95 % de olefinas.

- Proceso de polimerización Chevron Research

Se caracteriza por reacciones en fase líquida y por el uso de catalizador líquido ácido fosfórico.

- Proceso de polimerización California. Proceso desarrollado por Chevron Research y Research Hydrocarbon

Utiliza como catalizador cuarzo sílice cubierta con película de fosfato sobre la superficie.



El proceso desarrollado por UOP es llamado SPA el cual usa catalizador sólido de fosfato.

Estos procesos han sido desarrollados durante Segunda Guerra Mundial, con el propósito de obtener gasolinas de alto octanaje.

El proceso de polimerización California desarrollado por Chevron Research and Hydrocarbon Research es similar a UOP y SPA.

En ambos procesos se emplean reacciones de lecho fijo.

En economía los tres procesos casi son lo mismo, pero el proceso SPA es recomendable en términos de manejo de catalizador, corrosión comercial.

### Proceso de alquilación

#### - Proceso Continental Oil

La alquilación del benceno es llevada a cabo usando ácido sulfúrico como catalizador.

Este proceso tiene una desventaja; ésta viene a ser la necesidad de un equipo de regeneración de ácido sulfúrico, así como equipo enfriador para eliminar el calor de reacción.

Ambos procesos Research Chevron y UOP usan HF, pero UOP tiene también otro proceso utilizando ácido sulfúrico como catalizador.

El catalizador utilizado comunmente por los procesos es el HF.

De todos estos procesos para producir detergentes alquilados, Chevron Research y UOP son los que más se adoptan.

### Procesos de obtención de AN

Han pasado 10 años desde 1960, en que la Standard Oil de Ohio ( Sohio), puso en operación una planta de AN, basada sobre reacción de un paso de propileno, amoníaco y oxígeno; el primero de esta clase en el mundo.

Durante este período el proceso de producción de AN en el mundo, ha sido variado de los procesos comunes usando cianuro de hidrógeno ( HCN ) como el nuevo material básico a este proceso por medio de reacción de amoxidación de propileno.

En suma sobre el proceso Sohio, otros procesos de producción por medio de amoxidación, tales como: DESTILLERS - UGINE PROCESS, SNAM PROCESS y MONTEDISON PROCESS, han sido hasta ahora utilizados para producción de AN, en escala comercial, diferenciándose cada uno en: catalizadores, reactores y procedimientos de separación y purificación.

La capacidad de producción de AN en el mundo está creciendo año a año, ocasionado por un incremento en la demanda, la misma que alcanzó 1'500,000 toneladas en el

año 1970. El proceso Sohio cuenta con cerca del 75 % de la producción total.

TABLA No. 19

CARACTERISTICAS DE CADA UNO DE LOS PROCESOS

Procesos	Catalizador	Tipo de reactor	Condiciones de reacción
Sohio	P-Mo-Bi-O	Lecho Fluidi-	3 atm. 500 °C
	U-Sb-O	zado "	1.2 Kg/cm <sup>2</sup> 493°C
OSW	Bi-Mo-Si-O	Lecho Fijo	450 °C.
SNAM	V-Bi-Mo-O	" "	1 atm. 400-540°C
Destillers			
UGINE	Bi-Mo-O	" "	370-480 °C
Montedison	Te-Ce-Mo-O	Lecho Fluidi-	1 atm. 420-460°C
		zado	

IV.3.- Selección del proceso adecuado

Para la selección de un proceso debe tenerse en cuenta los siguientes criterios:

1.- Actualidad del proceso

Debe ser un proceso moderno y adecuado para la utilización de materia prima en el momento dado. Se debe tener en cuenta que el proceso químico se hace rápidamente anticuado.

## 2.- Simplicidad

Es necesario que tenga una mínima etapa de reacción y una mínima unidad de operación. No es recomendable usar equipos complicados que necesiten reparaciones costosas y ocasionen paradas en la planta.

## 3.- Economía

Se debe tener la información necesaria y completa acerca del proceso seleccionado como también de su economía.

Debe brindar facilidades para la realización de la inversión y los productos obtenidos por este proceso deben brindar resultados positivos en la producción comercial.

## 4.- Disponibilidad técnica

El propietario de la patente, debe de ofrecer toda la información técnica necesaria.

Habiéndose realizado la evaluación y de acuerdo a los criterios anteriormente mencionados, entre las patentes que desean ofrecer sus procesos al país, se ha determinado que la planta de AN funcionará utilizando el Proceso SOHIO que cuenta con el 75 % de la producción mundial de este producto.

Y para la planta de DDB se ha seleccionado una combinación del proceso UOP condensación catalítica, con el proceso de alquilación con HF.

### 7.3.1.- Descripción del proceso seleccionado para el DDB

El proceso de detergente alquilado consiste en una unidad de propileno tetrámero la cual prepara propileno tetrámero de P-P fracción. Y una unidad de detergente alquilado, la cual manufactura detergente alquilado de propileno tetrámero y benceno.

#### 1.- Unidad de Propileno Tetrámero

La alimentación es combinada con reciclo de polímeros ligeros provenientes del reciclo de la columna.

La alimentación líquida combinada intercambia calor con el líquido que sale del reactor. Desde que la polimerización es una reacción exotérmica, el catalizador es dividido en múltiples zonas y el aprovisionamiento es hecho controlando la temperatura de reacción por inyección líquida de propano en la salida de todo, excepto el catalizador.

El aprovisionamiento es hecho también manteniendo el catalizador por inyección de una pequeña cantidad de agua en el reactor conservando una humedad conveniente.

El líquido que sale del reactor después de intercambiar calor pasa al depropanizador. Propano y propileno no convertidos son desalojados en la parte de arriba como producto líquido reciclo de propano. Los fondos del depropanizador son llevados a la columna de reciclo donde el

polímero hierve hacia el deseado punto de ebullición inicial (177 °C) tomados en el tope.

La mayor parte de estos polímeros ligeros son reciclados a la alimentación combinada de la columna para nuevamente reaccionar con el propileno.

Solamente una pequeña cantidad es llevada fuera como polímero ligero líquido.

Este producto es normalmente vendido como gasolina polímero.

La eliminación de un pequeño flujo de polímeros ligeros, evita la acumulación de pequeñas cantidades de hidrocarburos parafínicos, los cuales son formados por reacciones desbalanceadas.

El flujo de fondo de la columna del reciclo pasa a la columna de redestilación del tetrámero donde el punto final precisado del tetrámero es tomado en el tope, y una pequeña cantidad de polímeros pesados es llevada fuera como fondo.

La unidad es bastante flexible, permite que el rango de ebullición del producto tetrámero sea alterado en algo. La operación del equipo es simple, además no requiere de aleaciones caras para su construcción ya que todo está hecho de acero al carbón.

## 2.- Unidad de alquilación detergente

Antes el tetrámero y benceno son alimentados a un contactor, su pequeño componente de agua es eliminado en la columna de secado.

El tetrámero, benceno fresco y reciclado de benceno son mezclados con el ácido regenerado y ácido recirculado en un contactor de enfriamiento, donde tiene lugar la mayor parte de la reacción, luego pasa hacia el decantador de ácido donde el ácido y el hidrocarburo son separados.

El calor de reacción ( exotérmica ) es generalmente eliminado por circulación de agua fría a través de tubos del contactor de enfriamiento.

La refrigeración no se requiere normalmente cuando usamos HF como catalizador.

La fase ácida en el decantador es recirculado con un flujo pequeño, siendo llevado y cargado a la columna de regeneración de HF.

Una pequeña cantidad de brea y polímeros pesados es retirado del fondo de esta columna y enviado al pozo de neutralización. Parte de la columna de regeneración requiere protección con una aleación de Ni y Cu.

Este será el principal detalle que el equipo requiera.

La fase de hidrocarburos fluye del decantador al Stripper ( separador ) de HF, donde todo el HF disuelto es llevado hacia fuera como flujo de tope, y reciclado

posteriormente a la reacción del sistema.

HF del flujo de hidrocarburos utilizado, es entonces llevado a la columna de benceno donde el reciclo de benceno es tomado como flujo de cabeza y reciclado posteriormente a la reacción del sistema.

El producto de fondo de la columna de benceno es cargado a la columna de alquilato ligero. El alquilato ligero es tomado en el tope, mientras el producto de fondo es tratado con bauxita para desalojar el flúor combinado, luego cargado a la columna de redestilación de alquilato. La columna de redestilado separa el detergente alquilado de los alquilatos pesados de fondo.



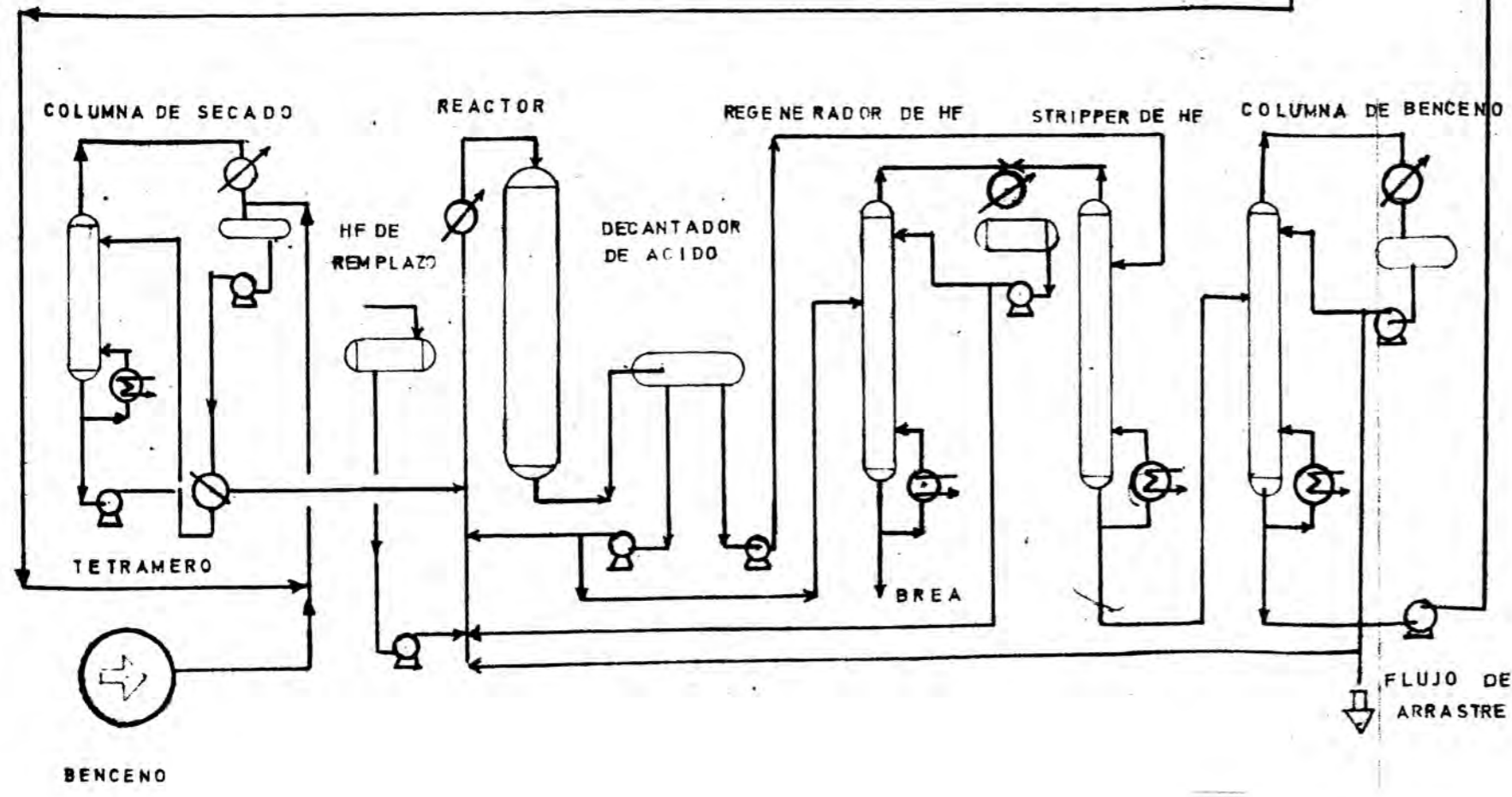
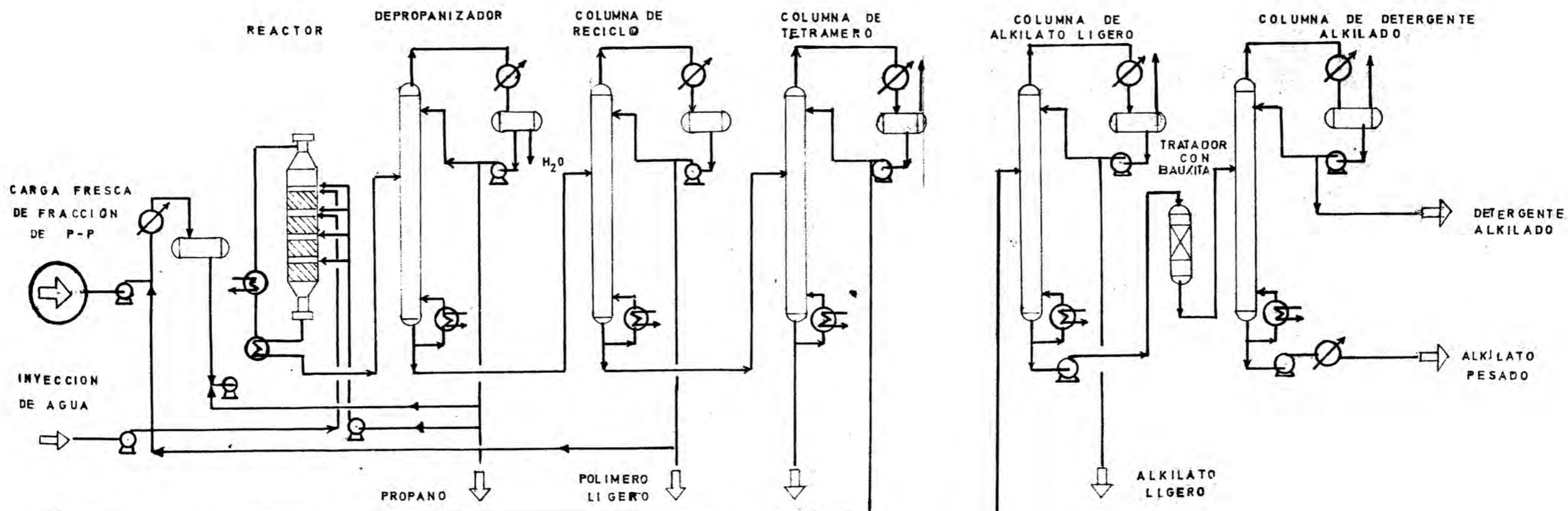


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DEL DDB  
 UNIDAD DE DETERGENTE ALKILADO PROCESO UOP  
 DIBUJADO POR J. L. FLORES A. RODRIGUEZ.

### Discusión del proceso

1.- El catalizador sólido ácido fosfórico utilizado en el UOP (Proceso de Condensación Catalítica), es obtenido por calcinación de ácido fosfórico y diatomita, y el producto pelletizing.

El catalizador se caracteriza por su larga vida y gran actividad y facilidad en el manejo; además no es corrosivo.

Todo el equipo para la unidad es hecho de acero al carbón.

2.- La calidad de los productos y el punto de ebullición principalmente son determinados por la actividad del catalizador y las variables de operación.

Las principales variables de operación son: velocidad espacial, temperatura de reacción, relación de reciclo y nivel de hidratación del catalizador.

La presión de reacción en operación comercial es 30-70 atm. y la temperatura de reacción es de 160-230 °C, generalmente una menor relación de reciclo da mejor calidad de tetrámero.

3.- UOP ha diseñado numerosas unidades de proceso de condensación. El proceso inherente, es completamente flexible y las convenientes tolerancias son hechas en el diseño. La misma unidad puede producir: trímero, tetrámero, gasolina polimerizada o cumeno en operación de block separator.

4.- Se recomienda que la alquilación sea llevado a cabo usando catalizador HF. Otros catalizadores tales como ácido sulfúrico y cloruro de aluminio también han sido usados. Se ha encontrado que con cloruro de aluminio se tiene rendimientos bajos y alta corrosión. Con ácido sulfúrico los rendimientos son también bajos y la calidad del producto no es de la mejor, el consumo de ácido sulfúrico es bastante grande.

5.- Entre los factores decisivos para la manufactura del detergente alquilado de alta calidad tenemos:

- Rango del punto de ebullición del tetrámero
- Temperatura y presión de reacción
- Relación de reciclaje de benceno, y condiciones de operación de la columna de redistilación.

Balance de materia

Los balances de materia que entran en este proceso, para la obtención del DDB, se presentan en los cuadros que se dan a continuación:

CUADRO No. 3

TETRAMERO PROPILENO

	T/H	T/A	T/T de Prod.
<u>Alimentación:</u>			
P-P Fracción (89.6 Wt. %)	1.39	11,020	1.26
<u>Productos:</u>			
LPG	0.16	1,210	0.13
Polímero ligero	0.07	590	0.07
Rango de ebullición del tetramero	1.10	8,730	1.00
Polímero pesado	0.06	490	0.06
<b>TOTAL (Productos)</b>	<b>1.39</b>	<b>11,020</b>	<b>1.26</b>

CUADRO No. 4

DETERGENTE ALKILADO

	T/H	T/A	T/T de Prod.
<u>Alimentación:</u>			
Tetrámero	0.52	4,127	0.41
Benceno	1.10	8,730	0.87
TOTAL	1.62	12,857	1.28
<u>Productos:</u>			
Alkilato ligero	0.19	1,510	0.15
Detergente alquilado DDB	1.26		
Alkilato pesado	0.15	10,000	1.00
		1,178	0.12
Brea	0.02	169	0.01
TOTAL	1.62	12,857	1.28

CUADRO No. 5

Servicios, requerimientos químicos y de catalizador

	Unidad Tetrámero	Unidad deter- gente alquilado.	Total
<u>Servicios:</u>			
Electricidad, Kw.	110	70	180
Vapor M. P., T/E.	0.2	00.8	1.0
Combustible 10 <sup>6</sup> Kcal/hora	2.7	2.3	5.8
Agua de enfriamiento T/H	100	230	330
Químicos y Cata. \$/SD	70	50	120

CUADRO No. 6

Personal de trabajo

	<u>Día de labor</u> Hombre/día	<u>Trabajo por turno</u> Hombre/turno.	Total
Ingeniero (Jefe)	1		1
Capataz		1	4
Operador	1	4	17
Obreros	1	3	13
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>35</b>

Especificación del material

CUADRO No. 7

TETRAMERO

Uspecificaciones	Tetramero	Polímero ligero	Polímero pesado
API	51.0	62.5	36.4
Destilación ASTM			
IBP	353	131	503
10 %	361	244	523
50 %	371	275	534
90 %	397	290	
95 %	420	300	
EP	450	329	
PVP		8.0	
Cont. de sulfuro Wt.%	0.01		

CUADRO No. 8

DETERGENTE ALKILADO

	Detergente alquilado	Alkilato ligero	Alkilato pesado
Sp-gr	0.875	0.822	0.940
Rango de ebulli. ( TBP °C )	275/325	100/275	315†

#### IV.3.2.- Descripción del proceso seleccionado para el AN

El proceso Sohio, consiste en una reacción de amoxidación, la cual produce el AN a partir del propileno, amoníaco y aire, usando catalizador de P, Mo y Bi, en un reactor de lecho fluidizado.

El AN es producido de acuerdo a la reacción que expresa la siguiente ecuación química:



Esta reacción produce subproductos de HCN, acetonitrilo, etc., además del AN. El gas reaccionado es enfriado, luego se elimina el gas no reaccionado y el gas inerte, habiéndose separado primero el acetonitrilo por destilación azeotrópica.

Inmediatamente el AN y el ácido cianhídrico es separado del gas, luego el AN líquido no enfriado es llevado a la sección de refrigeración para obtener el AN. El acetonitrilo y el HCN son refinados separadamente y son utilizados en forma apropiada.

##### 1.- Compresión de aire

Como el aire es uno de los componentes que es comprimido y usado en gran volumen, esencialmente en compresores, aunque el oxígeno puede abastecerse como tal, hablando económicamente es recomendable usar aire.



### Reacción

Propileno, amoníaco y aire son introducidos al fondo del reactor. La reacción se realiza en la fase vapor como una reacción catalítica de un solo paso.

Se usa un catalizador líquido y la reacción es producida bajo la condición de temperatura menor que 500 °C y una presión de 3 atm. El catalizador tiene alta selectividad, dando una relación de conversión de AN del 50 % aproximadamente.

Aunque la pureza de propileno es suficiente si está en el rango de 40-96 %, es recomendable que esté concentrado a una densidad conveniente desde el punto de vista económico. Es necesario que el grado fertilizante del amoníaco sea suficiente bueno para este propósito.

La relación molecular de materia prima propileno a amoníaco es de 1 : 0.6 ó 1 : 2. Por otro lado el calor de reacción es recuperado como vapor de alta presión.

### 3.- Acrilonitrilo recuperado

El gas que viene del reactor es enfriado y los productos son separados del gas sin reaccionar, del agua y del gas inerte. Estos grupos son destruídos.

### 4.- Refinado

El AN recuperado es refinado por destilación, luego es usado.

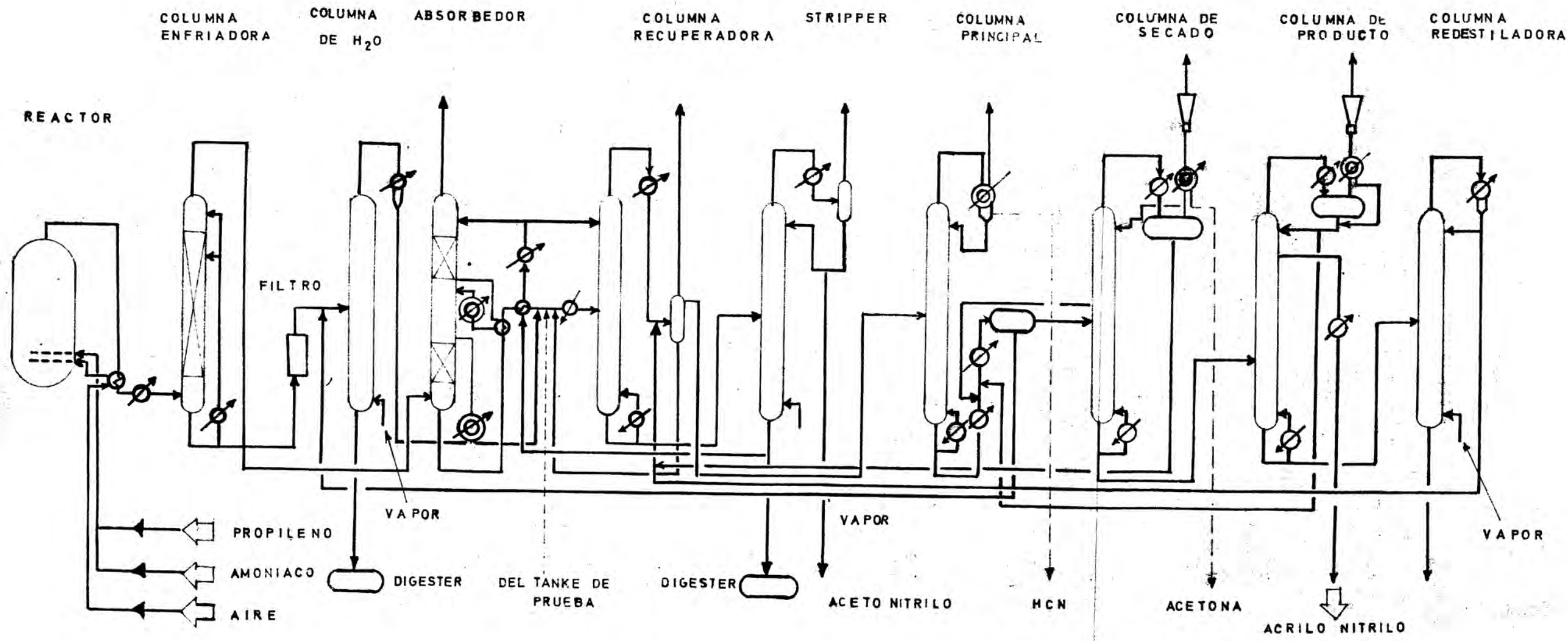


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE A.N.
PROCESO SONIO
DIBUJADO POR L.FLORES A.RODRIGUEZ

Los subproductos acetonitrilo y cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico), son también refinados en el mismo proceso.

En el proceso Sohio los subproductos son monóxido de carbono, bióxido de carbono, ácido cianhídrico y acetoni-trilo, los cuales son todos fáciles de separar. También una parte de éstos son utilizados eficazmente; por lo tanto este proceso nos proporciona un AN de una pureza excelente.

#### Discusión del Proceso

1.- El catalizador está ahora siendo cambiado del catalizador de tres elementos (P, Mo, Bi) al catalizador de uranio y antimonio. Esto significa que el catalizador U-Sb, proporciona una buena producción de AN en el rango de 66-68 % de pureza en el caso de plantas industriales.

Una desventaja de este catalizador ( U-Sb ) es que tiene una pequeña cantidad de radioactividad derivado del uranio deteriorado, que ha sido utilizado como elemento del catalizador.

2.- El proceso Sohio usa catalizadores fluidizados con partículas del mismo diámetro como el llamado catalizador MS para el cracking del aceite.

El proceso es caracterizado por:

- a.- Usa reactores tipo lecho fluidizado; y,
- b.- La separación del HCN después del MeCN removido.

Particularmente la segunda característica es de un orden opuesto, comparado con otros procesos.

El calor de reacción es recuperado y utilizado como vapor, por calentamiento directo de la circulación forzada de agua.

En el proceso Sohio, la solución orgánica acuosa del fondo de la torre de absorción es entonces pasada a la torre de recuperación donde solamente el MeCN es extraído con agua y descargada del fondo.

Del tope de la torre, un azeótropo del agua, AN y HCN es destilado fuera.

Este proceso hace uso efectivo del agua como agente extractivo de la alimentación de la torre de recuperación.

El proceso fué más tarde mejorado y las mejoras mencionadas están patentadas. La solución del AN sin refinar es purificado quitando el HCN, materiales de alto y bajo punto de ebullición y el agua.

Como se ha entendido de la breve explicación anterior, la separación de una pequeña cantidad de impurezas, determina entera purificación del proceso. Además, la conversión a un nuevo catalizador requiere en cuidado considerable y una inspección sobre todo el sistema. En otras palabras, el catalizador aprobado industrialmente no produce productos de reacción en pequeñas cantidades tales como el MeCN o compuestos de carbono.

CUADRO No. 9

Balace de materia

	T/H	T/A	T/T DE Prod.
<u>Alimentación:</u>			
Propileno, 90 Wt %	4.18	33,100	1.38
Amoníaco, 99.5 Wt %	1.83	14,490	0.60
Aire	32.98	261,120	10.90
<u>Productos:</u>			
Acilonitrilo, 99.9 Wt %	0.03	24,000	1.00
Acido Cianhídrico 90.0 Wt. %	0.51	4,040	0.17
Acetonitrilo, 75 Wt %	0.50	3,960	0.165

CUADRO No. 10

Servicios, requerimientos químicos y catalizador

<u>Servicios:</u>	
Electricidad, Kw.	2,240
Vapor H. P., T/h	4.0
Agua de enfriamiento, Kcal T/h	2,800
Agua de alimentación T/h	24.0
Combustible, $10^6$ Kcal/h	30
Aire (instrumentos) $6 \text{ Kg/cm}^2$ , $\text{Nm}^3/\text{h}$	120
<u>Químicos y catalizador:</u>	
\$/SD	900

CUADRO No. 11  
Personal de Trabajo

	Día de Trab. Hombre/día	Trab.por Turno Hombre/turno	Total
Ingeniero (jefe)	1		1
Capataz		1	4
Operadores		5	20
Obreros	2	2	10
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>35</b>

CUADRO No. 12  
Especificación del Producto

Sp-gr., 25/15.5 °C	0.7990-0.8020
Rango de ebullición °C	74.5-79.0
Acidez como ácido acético, ppm	35
pH	6.0-9.0
Índice de refracción, $n_D^{20}$	1.3882-1.3892
Apariencia	Transparente
Contenido de agua, %	0.5
Inhibidor, ppm	35-45
Acetona, ppm	300
Acetonitrilo, ppm	500
Acroleína, ppm	10
Acetaldehído, ppm	50
Acido cianhídrico, ppm	10
Fierro, ppm	0.2

## CAPITULO V

### CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LAS PLANTAS

#### Capacidad

Las capacidades de las plantas se determinarán de acuerdo a los datos de demanda, para el DDB y de las fibras acrílicas.

Considerando que la primera finalidad de éstas será satisfacer dicho mercado a nivel nacional y Pacto Andino, desde 1976, año en que se considera se pondrán en funcionamiento dichas plantas, hasta el año 1986.

Para el DDB se determina una capacidad de 10,000 T/A, ya que el pronóstico de demanda para el año 1986 es de 9,306 T/A ( Tabla No. 2 ).

Se estima que el programa de producción de la planta será el siguiente: (Tabla No. 20)

TABLA No. 20

Programa de Producción para el Dodecibenceno

Año	Capacidad Instalada	Programa de Producción	Factor de Rendimiento
1976	10,000	7,500	75 %
1977		8,500	85 %
1978		9,500	95 %
1979		10,000	100 %
1980		10,000	100 %
1981		10,000	100 %
1982		10,000	100 %
1983		10,000	100 %
1984		10,000	100 %
1985		10,000	100 %
1986		10,000	100 %

Lo mismo se ha estimado el programa de ventas dentro del país y la exportación del excedente (Tabla No. 21).

Se considera que el mercado para la exportación del DDB, serán los países de Ecuador y Bolivia que no cuentan con producción ni proyectos para estos productos.



TABLA No. 21

Programa de Ventas para el Dodecibenceno

	Producción T/A	Ventas en el Mercado Peruano T/A	Ventas en el Mercado Andino T/A
1976	7,500	6,032	1,468
1977	8,500	6,359	2,141
1978	9,500	6,687	2,813
1979	10,000	7,014	2,986
1980	10,000	7,341	2,659
1981	10,000	7,669	2,331
1982	10,000	7,996	2,004
1983	10,000	8,324	1,676
1984	10,000	8,651	1,349
1985	10,000	8,979	1,021
1986	10,000	9,306	694

Para el AN la principal fuente de consumo dentro del Grupo Andino es la industria de las fibras acrílicas. Dado que en la fabricación la materia prima ( AN ) entra en un 80 % y el 20 % restante es de un ester.

El Perú ha sido asignado como único productor de AN dentro del GRAN.; se justifica entonces la instalación de una planta con capacidad de 24,000 T/A ya que haciendo las proyecciones de la demanda de fibras acrílicas para Colombia, Chile y Perú, se tiene que para 1896 será de 31,000 T/A, como puede observarse a continuación.

TABLA No. 22

	Año			Tasa de
	1970	1976	1986	Crecimiento
	T/A	T/A	T/A	
COLOMBIA	1,100	1,949	5,000	10 %
CHILE	1,650	3,220	12,000	15 %
PERU	3,000	5,316	14,000	10 %
TOTAL	5,750	10,485	31,000	

Consideramos que la demanda de 31,000 T/A, es un poco elevada debido a que las proyecciones se han hecho basándose en las tasas de crecimiento y no por un método más exacto ya que no se encontró otra información.

Se puede establecer que el programa de producción se desarrollará en la siguiente forma: ( Tabla No.23 )

TABLA No. 23

Programa de Producción para el Acrilonitrilo

Año	Capacidad Instalada	Programa de Producción	Factor de Rendimiento
1976	24,000	12,000	50 %
1977		14,400	60 %
1978		16,800	70 %
1979		19,200	80 %
1980		24,000	100 %
1981		24,000	100 %
1982		24,000	100 %
1983		24,000	100 %
1984		24,000	100 %
1985		24,000	100 %
1986		24,000	100 %

Así mismo se establece el siguiente programa de ventas: ( Tabla No. 24 )

TABLA No. 24

Programa de Ventas para el Acrilonitrilo

	Producción T/A	Ventas en el Mercado Peruano T/A	Ventas en el Mercado Andino T/A
1976	12,000	5,316	6,684
1977	14,400	5,848	8,552
1978	16,800	6,433	10,367
1979	19,200	7,076	12,124
1980	24,000	7,784	16,216
1981	24,000	8,562	15,438
1982	24,000	9,418	14,582
1983	24,000	10,360	13,640
1984	24,000	11,396	12,604
1985	24,000	12,536	11,464
1986	24,000	14,000	10,000

Localización

Una de las partes más importantes en un estudio de instalación de plantas es la localización del lugar donde funcionará dicha planta.

Si la planta no se localiza en la posición más favorable económicamente, pueden perderse las ventajas competitivas del proceso seleccionado. Sin un estudio cuidadoso de todos los factores en la selección del lugar óptimo, la planta puede resultar hasta inoperable.

Para cumplir con el propósito de hacer una buena selección del lugar, se debe tener en cuenta muchos factores, que se darán a conocer posteriormente. Si se dejara pasar por alto cualquiera de estos factores, la rectificación de este error ocasionaría gastos adicionales de dinero.

Entre los factores que deben tenerse en cuenta dentro de los aspectos económicos y de operabilidad de la localización de la planta se clasifica en dos grandes grupos:

**Factores primarios.**- Son los que influyen en la selección de una región.

**Factores específicos.**- Son los que deciden el lugar exacto dentro de la región.

#### V.1.- Alternativas para la localización

Existen dos posibilidades para la localización de estas plantas:

**TALARA.** - Donde funciona la refinería del mismo nombre, de PETROPERU ( 60,000 B/D ). En 1974 una unidad de fraccionamiento de catalizador fluido se va a establecer como parte de la modernización de esta refinería.

Además el gobierno tiene en mente producir solamente petroquímico, alcohol isopropílico ( 10,000 T/A ) y

acetona ( 5,000 T/A ), utilizando la fracción de  $C_3$  de los gases de salida de F. C. C.

LIMA ( Carretera a Ventanilla ). - Donde existe la Refinería a la Pampilla ( 30,000 B/D ). En este mismo lugar el gobierno tiene en mente instalar en el período (1975-1976) una unidad de Steam Cracking a partir de nafta ( 368,000 T/A ), la que producirá 56,000 T/A de propileno.

#### V.2.- Factores determinantes

Todos los factores son importantes para la selección del lugar.

#### Factores Primarios:

##### 1.- Suministro de materias primas:

- a.- Disponibilidad de proveedores existentes
- b.- Uso de materiales sustitutos

##### 2.- Mercados:

- a.- Crecimiento o disminución de la demanda
- b.- Competencia presente o futura

##### 3.- Suministro de energía y combustible:

- a.- Disponibilidad de electricidad y de varios tipos de combustible
- b.- Reservas futuras

##### 4.- Suministro de agua:

- a.- Calidad-temperatura, contenido de sólidos, etc.

b.- Cantidad

c.- Seguridad. Puede implicar la construcción de tanques de almacenamiento

5.- Clima:

a.- Condiciones de humedad y temperatura

b.- Huracanes, tornados y temblores de tierra en el pasado

Factores Específicos:

6.- Transporte de productos:

a.- Disponibilidad de varios servicios

7.- Mano de obra:

a.- Disponibilidad

b.- Estabilidad de salarios

8.- Leyes reguladoras:

a.- Códigos para la construcción

b.- Restricciones por carreteras

c.- Códigos por disposición de residuos

9.- Características del terreno:

a.- Contorno del lugar

b.- Estructura del suelo

c.- Acceso a carreteras

d.- Costos del terreno

10.- Peligros de incendios e inundaciones:

- a.- Riesgos de incendios en los alrededores
- b.- Historia de las inundaciones y sistemas de prevención

11.- Factores de la comunidad:

- a.- Rural o urbana
- b.- Servicios médicos
- c.- Costos de la habitación
- d.- Aspectos culturales

12.- Disposición de residuos:

- a.- Leyes reguladoras
- b.- Posibilidades de contaminación del aire.
- c.- Posibilidades de contaminación de las corrientes de agua.

Una posibilidad que no debe despreciarse nunca es la instalación de la nueva planta en terrenos de la compañía donde ya existen otras instalaciones, ya que esto puede disminuir mucho los costos.

V.3.- Calificación y solución

Para la ubicación de plantas de estos productos se ha considerado las dos alternativas, y el análisis de los factores nos ha permitido elegir la mejor. En este caso recae la elección sobre Lima.

Es deseable el área cerca a la refinería La Pan-



pilla, por disponer de propileno, materia prima básica, ya que el establecimiento del complejo de Esteam Cracking nos lo proporcionaría.

Con referencia a disponibilidad de terreno, podemos decir que cerca a la refinería de La Pampilla, existen arenales de aproximadamente 1.5 Km. de ancho.

La proximidad al puerto del Callao, permitiría un ventajoso transporte de productos.

El gran acceso existente entre Lima y Callao, debido a las buenas condiciones de los caminos hacen que sea fácil y conveniente el transporte de materiales de construcción y maquinarias.

Lima cuenta con disponibilidad de técnicos e ingenieros y se puede contratar con facilidad personal altamente especializado.

## CAPITULO VI

### CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Dada la magnitud e importancia de los aspectos económicos y financieros, realizar un análisis completo de este tipo sería muy complicado y llevaría mucho tiempo.

Es por esto que en esta tesis lo que se pretende solamente es dar a conocer una información con respecto a estos puntos.

#### VI.1.- Financiamiento

Con respecto al DDB, deberá ser estudiado por acuerdos específicos entre el sector privado y el estatal, en relación a los porcentajes en que participaran.

Se estima una inversión de 271 millones de soles, la que está distribuída de la siguiente forma: ( Cuadro No. 13 )

CUADRO No. 13

Inversiones para el DDB ( en millones de soles )

---

Estudios	10.1
Construcciones	76.9
Mq. y Eq. { Nacional	26.4
{ Importada	151.0
Capital de trabajo	<u>6.6</u>
TOTAL	271.0

---

Para el AN, el proyecto será realizado con participación estatal mayoritaria ( 51 % ). Se estima una inversión de 959.8 millones de soles, en la forma siguiente:

CUADRO No. 14

Inversiones para el AN ( en millones de soles )

---

Estudios	36.2
Construcciones	272.1
Mq. y Eq. { Nacional	126.8
{ Importada	507.5
Capital de trabajo	<u>17.2</u>
TOTAL	959.8

---

### VI.2.- Rentabilidad

El mercado del DDB es actualmente muy limitado siendo su precio internacional considerablemente bajo; oscila entre \$ 180 á \$ 200 por tonelada.

Esto se atribuye a la tendencia mundial de la materia prima detergente alquilbenceno, a ser cambiada del tipo duro al blando.

Se estima que las utilidades de esta planta será de un 7.7 %.

La producción de AN rendirá una utilidad del 14.7 % debido a los costos relativamente bajos del propano y del amoníaco.

### VI.3.- Ahorro de divisas

Se espera que con la construcción de estas plantas, nos ocasione un gran ahorro de divisas, debido a que no se importará sino que se producirá domésticamente.

La tabla No. 25 que sigue, nos expresa los gastos de divisas que ocasionaría la importación del DDB, en caso de no construirse la planta.

TABLA No. 25

GASTOS DE DIVISAS ESTIMADAS POR LA IMPORTACION DEL DDB

<u>Año</u>	<u>Precio de Importación</u>	<u>Consumo Estimado</u>	<u>Gastos de divisas al año en miles de \$</u>
1976	\$ 170	6,032	1,026
1977		6,359	1,081
1978		6,687	1,137
1979		7,014	1,193
1980		7,341	1,248
1981		7,669	1,304
1982		7,996	1,360
1983		8,324	1,415
1984		8,651	1,471
1985		8,979	1,527
1986		9,306	1,582
<u>TOTAL</u>			<u>14,344</u>

En caso de realizarse la construcción de esta planta, el ahorro de divisas sería:

Gastos de divisas por la inversión más divisas por el costo de producción que incluye: divisas por materia prima y otros como catalizadores, productos químicos, etc.; menos las divisas ganadas por la exportación.

Las divisas ocasionadas por el costo de inversión serán pagadas en forma de préstamo ( dos años es

período de gracia y pagaderos durante la vida útil o sea 10 años ).

TABLA No. 26

ESTIMACION DE COSTOS DE INVERSION PARA EL DDB

Items	Divisas extranjeras equivalentes en \$1000	Divisas en soles	Total \$1000
- Material total y fletes	860	260	1,120
- Superv. de Instrumentos	110	460	570
- Procuración	70	---	70
- Ingeniería	300	---	300
- Royalty y licencia	320	---	320
- Gastos de representación	50	150	200
- Intereses y amortización	130	80	210
- Contingencias	60	40	100
- Carga inicial y Cata.	150	---	150
- Repuestos	40	---	40
TOTAL	2,090	900	3,080
- Capital de trabajo		400	

TABLA No. 27  
DIVISAS DE INVERSIONES POR AÑO PARA PAGAR  
EL PRESTAMO

Año	En miles de dólares	
1975	---	
1976	---	
1977	261	
1978	261	
1979	261	Para facilidad en los cálculos, no se consideró ningún tipo de interés.
1980	261	
1981	261	
1982	261	
1983	261	
1984	261	
1985	---	
1986	---	
	2,088	

Año de la determinación del crédito, 1975

Año de inicio de la operación, 1976

Divisas en costo de producción

a.- Materia prima. - Como la materia prima, propileno y benceno, será adquirida suponiendo la construcción del complejo del Steam Cracking, no existirá gastos de divisas.

b.- Otros. - Tales como catalizadores, productos químicos, servicios, labor de operación y supervisión, depreciación, pagos de intereses, de mantenimiento y reparaciones, impuestos y seguros, costo de administración de la planta.

Los gastos de estos items representan el 5 % de los costos de inversión.

TABLA No. 28

DIVISAS EN COSTOS DE PRODUCCION

Año	Materia prima \$1000	Otros \$1000	Divisas/año
1976	---	150	150
1977	---	150	150
1978	---	150	150
1979	---	150	150
1980	---	150	150
1981	---	150	150
1982	---	150	150
1983	---	150	150
1984	---	150	150
1985	---	150	150
1986	---	150	150
		1,655	1,655



TABLA No. 29

DIVISAS GANADAS POR LA EXPORTACION

Año	Precio de export. al GRAN \$/T	Exportación al GRAN	Divisas en \$1000
1976	214	1,468	314
1977		2,141	439
1978		2,813	602
1979		2,986	649
1980		2,659	569
1981		2,331	499
1982		2,004	429
1983		1,676	359
1984		1,349	289
1985		1,021	219
1986		694	149
<b>TOTAL</b>			<b>4,517</b>

TABLA Nº 30

DIVISAS GANADAS ANUALMENTE EN CASO DE CONSTRUIRSE LA PLANTA DE DDB.

Año	A Divisas en Inversión	Divisas en costos de producción		D Divisas Por exportación	E=D-(A+B+C) Divisas/Año
		B)Mat.Prima	C)Otros		
1976	---	---	150	314	164
1977	261	---	150	439	28
1978	261	---	150	602	191
1979	261	---	150	649	238
1980	261	---	150	569	158
1981	261	---	150	499	88
1982	261	---	150	429	18
1983	261	---	150	359	-52
1984	261	---	150	289	122
1985	---	---	150	219	69
1986	---	---	150	149	- 1
TOTAL	2,088		1,655	4,517	1,023

Las divisas ahorradas viene a ser la suma de las divisas ocasionadas por la planta no construída mas las divisas cuando se construye la planta.

TABLA No. 31

Año	Divisas de planta no construída (I)	Divisas de planta construída (II)	Divisas Ahorradas (I+II)
1976	1,026	+ 164	1,190
1977	1,081	+ 28	1,109
1978	1,137	+ 191	1,328
1979	1,193	+ 138	1,431
1980	1,248	+ 158	1,406
1981	1,304	+ 88	1,392
1982	1,360	+ 18	1,378
1983	1,415	- 52	1,363
1984	1,471	+ 122	1,593
1985	1,527	+ 69	1,596
1986	1,582	- 1	1,581
<b>TOTAL.</b>	<b>14,344</b>	<b>1,023</b>	<b>15,367</b>

En idéntica forma hallaremos el ahorro de divisas para el Acrilonitrilo.

TABLA No. 32

GASTOS DE DIVISAS POR IMPORTACION DEL A.N.

Año	Precio de Importación \$/T	Consumo estimado	Gastos de divisas al año en miles de \$
1976	380	5,316	2,020
1977		5,848	2,222
1978		6,433	2,445
1979		7,076	2,689
1980		7,784	2,960
1981		8,562	3,254
1982		9,418	3,579
1983		10,360	3,937
1984		11,396	4,330
1985		12,536	4,764
1986		14,000	5,320
<b>TOTAL</b>			<b>37,520</b>

TABLA No. 33

DIVISAS DE INVERSIONES POR AÑO PARA PAGAR EL PRESTAMO

Año	Divisas de inversión por año \$1000
1975	-----
1976	-----
1977	888.75
1978	888.75
1979	888.75
1980	888.75
1981	888.75
1982	888.75
1983	888.75
1984	888.75
1985	-----
1986	-----
<b>TOTAL</b>	<b>7,110.00</b>

Año de determinación del crédito, 1975

Año de inicio de la operación, 1976

Divisas en costo de producción

a.- Materia prima.- Se importará solamente el amoníaco, bajo la suposición de la adquisición del propileno en el mercado nacional.

b.- Otros.- Representará el 5 % de los costos de inversión.

TABLA No. 34

Año	Divisas en costo de producción		Divisas Anuales
	Materia prima	Otros	
	\$ 1000		
1976	355	602	957
1977	426	602	1,028
1978	497	602	1,099
1979	568	602	1,170
1980	610	602	1,212
1981	610	602	1,212
1982	610	602	1,212
1983	610	602	1,212
1984	610	602	1,212
1985	610	602	1,212
1986	610	602	1,212
<b>TOTAL</b>	<b>6,116</b>	<b>6,622</b>	<b>12,738</b>

TABLA No. 35

DIVISAS GANADAS POR LA EXPORTACION

Año	Precio de Expor. al GRAN (\$/T)	Expor. al GRAN	Divisas en \$1000
1976	360	6,684	2,406
1977		8,552	3,079
1978		10,367	3,732
1979		12,124	4,365
1980		12,216	5,838
1981		15,438	5,558
1982		14,582	5,250
1983		13,690	4,910
1984		12,604	4,537
1985		12,464	4,127
1986		10,000	3,600
<b>TOTAL</b>			<b>47,412</b>

TABLA No 36

DIVISAS GANADAS ACTUALMENTE EN CASO DE CONSTRUIRSE LA PLANTA DE ACRILONITRILO ( AN )

Año	A Divisas en inversión	Divisas en costo de producción		D Divisas ganadas en exportación	E = D - ( A+B+C ) Divisas anuales.
		B)Mat.Prima	C)Otros		
1976	---	355	602	2,406	1,449
1977	888.75	426	602	3,079	2,051
1978	888.75	497	602	3,732	1,744
1979	888.75	568	602	4,365	2,306
1980	888.75	610	602	5,838	3,737
1981	888.75	610	602	5,558	3,457
1982	888.75	610	602	5,250	3,150
1983	888.75	610	602	4,910	2,810
1984	888.75	610	602	4,537	2,437
1985	---	610	602	4,127	2,915
1986	---	610	602	3,600	2,388
TOTAL 110.00		6.622	6.622	47,412	27,564



TABLA No. 37

DIVISAS TOTALES AHORRADAS ( \$ 1000 )

Año	Divisas de planta no construída ( I )	Divisas de planta construída ( II )	Divisas Ahorradas ( I+II )
1976	2,020	1,449	3,669
1977	2,222	2,051	4,014
1978	2,445	1,744	4,189
1979	2,689	2,306	4,995
1980	2,960	3,737	6,697
1981	3,254	3,457	6,711
1982	3,579	3,150	6,729
1983	3,937	2,810	6,747
1984	4,330	2,437	6,767
1985	4,764	2,915	7,679
1986	5,320	2,388	7,708
<b>TOTAL</b>	<b>37,520</b>	<b>27,564</b>	<b>65,084</b>

## C O N C L U S I O N E S

- 1.- El estudio de mercado realizado nos dá a conocer que la demanda existente de estos productos, es propicia para la instalación de las respectivas plantas.
- 2.- La instalación de las plantas sería más ventajosa, si previamente o a la par se construyera la unidad de Steam Cracking, que sería la abastecedora de la materia prima básica necesaria (propileno), evitándose de este modo su importación.
- 3.- Para la producción del Acrilonitrilo y del Dodecibenceno, los procesos más indicados entre los considerados, son el de Standard Oil de Ohio (SOHIO) y el de Universal Oil Products (UOP), respectivamente.
- 4.- Para satisfacer el mercado de estos productos hasta el año de 1986 se determinó las siguientes capacidades de plantas:

Dodecibenceno	10,000 T/A
Acrilonitrilo	24,000 T/A
- 5.- Del estudio realizado, podemos decir que la instalación de las plantas es ventajosa, si consideramos que además de satisfacer el mercado nacional nos brinda un ahorro de divisas del orden de 80'451,000.00 dólares.
- 6.- Se deben tener en cuenta que los cálculos realizados son en base a estimaciones.

7.- Mediante la información obtenida al llevar a cabo este estudio se ha podido comprobar que el país se encuentra en desventaja con los demás miembros del Grupo Andino, ya que países como Chile, Colombia y ahora Venezuela, tienen plantas petroquímicas en funcionamiento. Por todo esto creemos que el Gobierno debe poner más énfasis en la pronta realización del complejo petroquímico que tiene en mente.

## BYBLOGRAFIA

- 1.- PETROQUIMICA. de Melvin J. Astle
- 2.- INGENIERIA QUIMICA DEL DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES.  
Por: Frank C. Vilbrandt, Ph.D.
- 3.- ENCUESTA PARA ESTUDIO INTEGRAL DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA. Informe de BOLIVIA y PERU  
Por: Oscar Gonzalea Ugáz
- 4.- THE CHEMICAL THERMODINAMIC OF ORGANIC COMPOUNDS.  
Por: Stoll Westrum y Sinke
- 5.- ESTRATEGIA DE NEGOCIACION, PARA LA NEGOCIACION LITORAL PETROQUIMICA. ONIT ( Oficina Nacional de Integración ).
- 6.- ENCUESTA PARA ESTUDIO INTEGRAL DE LA IND. PETROQUIMICA.  
Informe de: CHILE  
Por: Oscar Gonzalez Ugáz.  
Informe de: COLOMBIA  
Por: Patiño Patroni, Juan Nestor Moscoso.
- 7.- ECUADOR-IND. PETROQUIMICA (Centro de desarrollo de Quito  
FUENTE DE INFORMACION: ONIT
- 8.- ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA  
Por: Raymond E. Kirk , Donal F. Othmer.
- 9.- HIDROCARBON PROCESSING. Enero de 1971 (Pags.109 a 120).
- 10.- PETROQUIMICA-PROYECTOS-PERU. ( PETROLEOS DEL PERU ).