

101
20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

LOS CIANOACRILATOS COMO ADHESIVOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A I
ALFONSO SALAZAR AZNAR



FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAGINA
I. - INTRODUCCION	
Objetivos.....	1
CAPITULO 1 ADHESIVOS.....	2
a) Historia de los adhesivos.....	2
b) Importancia de los adhesivos.....	3
c) Clasificación de los adhesivos.....	7
d) Usos de los adhesivos.....	13
II. - ANTECEDENTES.	
CAPITULO 2 LOS CIANOACRILATOS COMO ADHESIVOS.....	16
a) Historia de los cianoacrilatos.....	17
b) Ventajas y desventajas en el uso de cianoacrilatos.....	17
c) Propiedades físicas.....	20
d) Propiedades químicas.....	24
e) Métodos de síntesis de cianoacrilatos.....	31
CAPITULO 3 AVANCES RECIENTES EN CIANOACRILATOS.....	37
a) Viscosidad alta.....	38
b) Resistencia al impacto.....	39
c) Resistencia al calor.....	40
d) Color.....	42
e) Usos médicos.....	44
f) Activadores superficiales.....	45
g) Usos no adhesivos.....	46
II. - ESTUDIO DE MERCADO.	
CAPITULO 4 ESTUDIO DE MERCADO.....	47
a) Generalidades.....	47
b) Descripción del producto.....	48
c) Mercado consumidor.....	50
d) Mercado competidor.....	49
e) Producto Interno Bruto.....	60
f) Mercado externo.....	61
g) Canales de distribución.....	61
h) Proyección de la demanda.....	62
i) Pronóstico de ventas.....	67

IV . - ESTUDIO TECNICO.

CAPITULO 5	ESTUDIO TECNICO.....	69
	a) Fórmula y especificaciones.....	70
	b) Selección del proceso	70
	c) Descripción del proceso.....	80
	d) Balance de materia y predimensionamiento del equipo.....	88
	e) Equipo requerido.....	88
	f) Localización de la planta.....	89

V . - ANALISIS ECONOMICO.

CAPITULO 6	ANALISIS ECONOMICO.....	92
	a) Inversión total proyectada.....	92
	b) Costos de operación.....	95
	c) Análisis financiero.....	104
	d) Evaluación del proyecto.....	107
	e) Estudio de sensibilidad.....	110

VI . - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....115

VII . - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA.....118

INTRODUCCION

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como finalidad el realizar una revisión de los avances y propiedades de los cianoacrilatos y determinar la prefactibilidad económica de la fabricación de adhesivos en base a cianoacrilatos en México.

Es decir, pretende:

(1) Dar una perspectiva de las propiedades, usos, métodos de síntesis y avances recientes en uso de cianoacrilatos como adhesivos.

(2) Ratificar la existencia de una necesidad de mercado, las características del mismo y como se espera que evolucione.

(3) Confirmar la factibilidad técnica de realizar a cabo el proyecto.

(4) Estimar cual es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, incluyendo el costo de fabricación del producto.

(5) Estimar si la inversión propuesta es económicamente rentable.

(6) Recomendar en que areas es necesario realizar una investigación más profunda antes de realizar el proyecto.

CAPITULO PRIMERO

ADHESIVOS

a) HISTORIA DE LOS ADHESIVOS

Los adhesivos son sustancias capaces de mantener a dos piezas unidas por medio de la unión de sus superficies. Siendo comunmente llamados pegamentos, gomas, cementos o pastas, han sido conocidos por el hombre desde la antigüedad. Sin embargo, no fue hasta el desarrollo de la tecnología en el area de polímeros cuando se convirtieron en un artículo de uso extendido y adquirieron importancia.

Entre los ejemplos más antiguos que se conocen de adhesivos, se encuentran antiguas esculturas egipcias, que muestran chapas metálicas pegadas con goma a tablas de maple. El papiro egipcio, era fabricado a bases de fibras vegetales pegadas con engrudo de harina. Posteriormente, durante el medievo, la brea de árbol, el betumen y la cera de abeja se utilizaban como selladores y adhesivos. La hoja de oro era pegada a cuadros y manuscritos con clara de huevo, y los objetos de madera se pegaban con gomas fabricadas de huesos, pescado y queso. Estos adhesivos presentaban una baja resistencia al calor, a la humedad y a la degradación biológica.

En el siglo XIX fueron introducidos los primeros avances en esta tecnología con los adhesivos de caucho natural y piroxilina. Sin embargo, los avances decisivos se dieron hasta el siglo XX con las mejoras a los adhesivos naturales y la introducción de una gran variedad de adhesivos sintéticos.

Las resinas fenólicas fueron de los primeros adhesivos sintéticos que ofrecieron resistencia al calor, humedad y degradación biológica, pero eran demasiado quebradizos. Los primeros adhesivos que fueron resistentes, tanto a esfuerzos de tensión como esfuerzos cortantes, a temperaturas medias y altas, fueron las resinas fenólicas

modificadas con resinas flexibles y hules sintéticos de alto módulo. Esto volvió a los adhesivos resistentes a las severas condiciones de transporte. Entonces el problema se volvió de proceso. Las resinas fenólicas liberan agua cuando polimerizan, y requieren calor para polimerizar. Si el adhesivo era encerrado entre superficies impermeables y era calentado, el vapor liberado debilitaba drásticamente la unión e incluso rompía la unión recién formada entre las superficies. Para evitar la formación de vapor, las piezas unidas debían ser sometidas a presión, lo cual limitaba su uso a superficies planas o de curvaturas diseñadas para usarse en prensas especiales. Para piezas complejas se realizaba la unión en grandes y costosas autoclaves.

Con las resinas más nuevas, como las epóxicas, las de uretano y las de silicones, nos libramos de las prensas, debido a que con estas resinas no se requiere de equipo especial para usar los adhesivos. El uso de los adhesivos se diversificó, surgieron las aplicaciones domésticas y la industria de los adhesivos creció enormemente.

Actualmente, los adhesivos forman una parte fundamental de las industrias automotriz, mueblera, de zapatos, de empaque, e industrias de una gran variedad de productos. Mientras los adhesivos naturales son aún importantes, sobre todo por su bajo costo, los sintéticos han tomado el control de la industria de los adhesivos, proporcionando una gran fuerza de pegado para todo tipo de uso. Actualmente los adhesivos sintéticos son producidos en muy distintas formas para todo tipo de consumidores.

A pesar del continuo crecimiento que experimenta, actualmente la industria de los adhesivos es una industria fragmentada y de un bajo grado de sofisticación (Ref.19).

b) IMPORTANCIA DE LOS ADHESIVOS

Los principales productores de adhesivos son parte de grandes conglomerados que se dedican tanto a la producción de adhesivos, como de materias primas y otros productos. Muchos de ellos compiten con sus clientes en la venta de

materias primas, y productos terminados a los consumidores finales, ya sean adhesivos para usos industriales o para usos domésticos.

Debido a que los volúmenes de producción de adhesivos son generalmente pequeños, frecuentemente no se justifica que se destinen fondos de investigación a la búsqueda de nuevos polímeros sólo para usarlos como adhesivos. Es por esto, que los avances tecnológicos corresponden a adhesivos de bajo precio y altos volúmenes de ventas, como en los adhesivos para triplay, madera laminada, plásticos laminados, papel lija, o en adhesivos de alto precio y bajos volúmenes de producción, como los adhesivos para la industria aeroespacial, electrónica y de equipos sofisticados de plástico. Más aún, cuando nuevos adhesivos son descubiertos, su transformación en productos comercializables se ve obstaculizada por la ignorancia de las necesidades específicas de los usuarios finales.

Afortunadamente para esta industria, el rápido crecimiento de la industria aeronáutica y espacial en los últimos años ha tenido un impacto favorable y decisivo en el desarrollo de esta tecnología. Esta industria tiene la necesidad de lograr la unión de los componentes con una alta resistencia estructural, una alta resistencia a la fatiga y a condiciones ambientales severas. Esto ha provocado un fuerte incremento en la investigación para el desarrollo de adhesivos de alta eficiencia, algunos de los cuales ya han encontrado su lugar en aplicaciones industriales y domésticas.

Algunos de los avances más recientes en los adhesivos y técnicas de adhesión incluyen adhesivos de acción retardada que una vez endurecidos pueden ser reactivados por períodos controlados de tiempo mediante calentamiento; adhesivos con buena conductividad térmica y eléctrica para ser usados en aplicaciones eléctricas y térmicas; adhesivos anaerobios que curan en ausencia de aire; adhesivos de fusión capaces de reactivarse con agua; adhesivos de alta resistencia térmica sin tendencia a ser quebradizos a bajas

temperaturas; adhesivos microencapsulados para ser activados por presión; adhesivos capaces de electrodepositarse en formas metálicas complejas; adhesivos con aplicaciones quirúrgicas, y adhesivos para las industrias de la construcción y plomería.

Cabe aclarar que no existe, ni existirá un adhesivo ideal para todo uso. Entre las características que requerimos en los distintos usos de adhesivos siempre habrá necesidades opuestas que hagan a un adhesivo adecuado para un uso e inadecuado para otro. Por una parte requerimos de adhesivos permanentes para usos estructurales y por otro adhesivos temporales o desmontables para aplicaciones temporales. Queremos una baja viscosidad cuando el adhesivo debe penetrar por fracturas o pegar mediante una capa delgada y queremos alta viscosidad para pegar superficies porosas, o tixotrópicas para evitar el escurrimiento al aplicar el adhesivo en superficies verticales. Muchos adhesivos deben de pegar rápidamente, otros deben ser lentos para permitir un fácil reacomodo de las superficies antes de unir las sólidas y definitivamente. Algunos deben de curar a temperaturas bajas, pero deben de soportar indefinidamente las altas temperaturas a las que se les somete durante su almacenamiento y transporte.

A veces se requiere que sean buenos conductores de electricidad y a veces que sean aislantes. Según la aplicación, deben de operar en un rango muy amplio de temperaturas. Deben de ser sencillos de aplicar y no deben de requerir de aplicadores especiales. Deben de ser capaces de pegar a pesar de la presencia de aceites u otros contaminantes sobre las superficies, y sobretodo ... deben estar disponibles a un bajo precio.

En la función primaria de unir dos superficies, los adhesivos no representan la única opción a considerar, y por lo tanto deben de competir contra técnicas de unión mecánica, como los clavos, tornillos, grapas, remaches y soldaduras, en la elección del método de unión a usar.

La unión por medio de adhesivos generalmente reemplaza o complementa a los métodos de unión tradicionales, cuando la limpieza y calidad de la unión, su desempeño y el precio de estos métodos son cuestionables.

Las excepciones a éstos casos son las industrias aeroespacial y de laminación, donde la primera opción a considerar son siempre los adhesivos.

En la industria aeroespacial, no puede haber compromiso entre la calidad y el precio, ya que hay vidas humanas y equipos de costos altísimos de por medio. En la industria de laminación, así como en muchos otros usos industriales y domésticos, el uso de adhesivos es la única opción viable.

Los adhesivos permiten la unión de muchos materiales que no podrían ser unidos adecuadamente de otro modo. Por ejemplo, los clavos, tornillos y otros métodos mecánicos, son obviamente imprácticos para unir papel, fibras, películas delgadas, espumas, vidrio y cualquier material quebradizo. También se deben usar forzosamente adhesivos cuando la forma de los sustratos puede hacer que la unión mecánica sea impráctica. Más aún, cuando se arman objetos grandes a partir de muchas partes pequeñas, el uso de adhesivos es recomendable para obtener una mayor eficiencia (Ref.13,14,15,19).

En resumen, algunas de las principales ventajas del uso de adhesivos y ejemplos selectos de éstas son :

1. Permiten la unión de cualquier combinación de materiales sólidos (piel a hueso, metal a vidrio, etc.).
2. Permiten la unión de materiales demasiado delgados o frágiles como para unirlos mecánicamente (espumas de poliuretano, recubrimientos de plástico o metal a hojas de papel).
3. Facilitan el desmonte de la unión cuando es necesario (cinta adhesiva, sensores médicos a la piel humana) .
4. Ofrecen una distribución más uniforme de los esfuerzos (secciones de puentes de concreto, componentes de alas de avión).

5. Tienen un menor peso (industria aeroespacial).
6. Ofrecen una unión continua que mantiene afuera a los gases y líquidos (pelotas, submarinos, estructuras metálicas).
7. Permiten superficies libres de perforaciones o protuberancias.
8. Resistien mejor la vibración, sobre todo mediante el uso de adhesivos con propiedades elásticas.
9. Minimizan el número de zonas potenciales de corrosión, que aparecen frecuentemente en los puntos de unión mecánica y en soldaduras (puentes metálicos).
9. Proporcionan una mayor limpieza y calidad de la unión.
10. Permiten unir materiales de propiedades de distinta naturaleza, sobre todo aquellos con distintos coeficientes de expansión térmica (vidrios a marcos en la fachada de edificios, espejo retrovisor al parabrisas del automóvil).
11. Permiten uniones transparentes a la luz (microscopios, pantallas reflejantes en vidrios).
12. Permiten uniones transparentes a distintos tipos de radiaciones (celdas de energía solar, sujetadores de película de rayos X, cubiertas de radares y antenas).

c) CLASIFICACION DE LOS ADHESIVOS

Así como los adhesivos no pertenecen a una clase especial de materiales, tampoco existe un modo ideal para clasificarlos. Si intentáramos clasificarlos por naturaleza química, la clasificación sería tan extensa que no nos ayudaría. Esta incluiría a casi todos los polímeros, plásticos, homopolímeros y copolímeros; casi todas las sales de silicatos y fosfatos; a la mayor parte de las resinas, gomas, hules, breas, proteínas de origen animal y vegetal; a muchos solventes; y a algunos compuestos híbridos de sustancias orgánicas e inorgánicas. De toda las clasificaciones, probablemente las más útiles son las clasificaciones por forma y por tipo de adhesivo, éstas se presentan a continuación (Ref. 19):

CLASIFICACION POR FORMA:

Los adhesivos pueden clasificarse en disoluciones (cuando usan agua o algún otro solvente), en emulsiones o dispersiones (donde pequeñas gotas de un líquido están suspendidas en otro líquido), en hojas o cintas prefabricadas (en donde un adhesivo sensible a la presión está unido a una cinta de plástico, tela o papel), en termofusibles (cuando se aplican en caliente y no requieren de solventes) y en monómeros.

CLASIFICACION POR TIPO:

A grandes rasgos se pueden clasificar en:

- termoplásticos,
- termofusibles,
- termofijos,
- de contacto,
- sensibles a la presión y
- humedecibles.

Estos tipos son descritos a continuación:

ADHESIVOS TERMOPLASTICOS: Estos adhesivos pueden ser reblandecidos una y otra vez mediante calentamiento para desmontar o reacomodar los sustratos pegados, todo esto sin sufrir alteración química alguna. Estos adhesivos están formados por polímeros lineales, cuyas estructuras, al ser calentadas pasan al estado líquido. Hay un gran grupo de resinas que pueden ser consideradas como adhesivos termoplásticos, las principales son :

a) Resinas vinílicas. Las resinas vinílicas forman el tipo más grande de adhesivos termoplásticos y son usados en forma de soluciones, dispersiones y sólidos. En estas resinas el curado del adhesivo se realiza por evaporación o absorción del solvente, o bien fusión del polímero. Las principales resinas vinílicas son:

Acetato de vinilo. Obtenido a partir de la reacción del acetileno con el ácido acético, polimeriza y se

usa en emulsiones o dispersiones en agua, aproximadamente al 55% de sólidos. Se usa para pegar productos de madera y papel tanto en el hogar como en la industria.

Estireno. Es sintetizado a partir del etil benceno, al polimerizar forma el poliestireno, que es usado en dispersiones acuosas o disoluciones, para pegar "tejas de plástico" a madera, yeso y concreto.

Acrilatos. Se forman a partir del ácido acrílico, un líquido orgánico que polimeriza fácilmente, y que está desplazando a las demás resinas y al hule como adhesivos sensibles a la presión.

Cianoacrilatos. Sus monómeros polimerizan rápidamente formando fuertes uniones sobre casi cualquier sustrato, pero de estos hablaremos más adelante.

Otras resinas vinílicas son usadas para fabricar vidrio antiestrellable, en la construcción y en la tapicería.

b) **Derivados de la celulosa.** La celulosa, un carbohidrato que es el principal componente de la pared celular, es utilizado para fabricar adhesivos de diversos usos. Los más comunes son el acetato y nitrato de celulosa, que disueltos forman adhesivos de rápido secado para uso general. Son excelentes para pegar papel y madera, pero son malos adhesivos para pegar vidrio o metal.

c) **Otros termoplásticos.** Los polímeros como poliuretanos, poliolefinas, poli-isopreno, polibutadieno, poliésteres y otros polímeros también tienen aplicaciones como adhesivos termoplásticos.

ADHESIVOS TERMOFUSIBLES: Debido a sus propiedades, los adhesivos termofusibles son considerados como un grupo aparte, aunque cumplen con todas la características de los adhesivos termoplásticos. Estos adhesivos no contienen

solventes ni dispersantes. Las resinas en las que se basan son aplicadas fundidas y al enfriarse forman uniones rígidas y fuertes. Su principal uso es en empaque y laminación. Los polímeros más usados en esta clase de adhesivos son: poliamidas, polietileno, acetato de vinilo y otros tipos de resinas.

ADHESIVOS TERMOFIJOS: Los adhesivos termofijos están basados en resinas sintéticas que al curar reaccionan para formar un sólido de naturaleza química y física permanente. Son utilizados cuando se requiere una alta resistencia estructural. No se alteran al verse expuestos a altas temperaturas. Generalmente están compuestos de polímeros de cadenas entrecruzadas. Hay muchas resinas importantes en esta categoría, las principales son :

a) **Resinas epóxicas.** Las resinas epóxicas son de los adhesivos más versátiles que hay. Son usados como adhesivos de dos partes. En una, se incluye el grupo epóxico y en la otra un catalizador que generalmente es una amina. Ambas partes son mezcladas justo antes de usarse y se obtiene un rápido endurecimiento. Pueden formularse para endurecer a temperatura ambiente en menos de una hora, o para curar a altas temperaturas, en cuyo caso podrían durar meses a temperatura ambiente antes de endurecer, pero curar rápidamente al ser calentadas. Es posible formularlas para obtener uniones de extremadamente rígidas a ligeramente flexibles. Pueden pegar desde materiales porosos hasta no porosos con una excelente fuerza de adhesión. Como endurecen por reacción química, y no tienen solventes, casi no modifican su volumen al endurecer, lo que les permite adaptarlas a superficies que no embonen correctamente. Son excelentes aislantes eléctricos, por lo que son adecuados para la industria electrónica y aeroespacial. Suelen usarse en combinación con otros tipos de adhesivos, como los fenólicos.

- b) **Resinas Urea-formaldehido.** El polímero que se forma de la reacción de la urea con el formaldehido aún puede continuar entrecruzándose para formar una resina termofija, resistente a la humedad y el calor. Son usadas para la fabricación de triplay.
- c) **Melaminas.** El polímero formado por la reacción del formaldehido y las melaminas es usado en la industria del mueble, para la unión de recubrimientos a puertas y muebles.
- d) **Resinas fenol-formaldehido.** Fueron de los primeros adhesivos sintéticos. Se utilizan como adhesivos estructurales, para laminados, uso doméstico, industria aeronáutica, abrasivos y en combinación de otras formulaciones para obtener una resistencia adicional a la humedad, calor o para contribuir a darle rigidez y resistencia a la unión.
- e) **Adhesivos resorcinol-formaldehido.** La doble activación de los dos grupos hidroxilos en las tres posiciones libres del anillo bencénico, imparten una alta reactividad a estos adhesivos. Los adhesivos formados de la reacción del resorcinol con el formaldehido son capaces de curar sin aplicar calor, y bajo condiciones de acidez neutrales o ligeramente básicas, a diferencia de las resinas fenol-formaldehido que curan bajo condiciones ácidas. Esto los hace adecuadas para pegar piezas de madera demasiado grandes para introducirlas en un horno. Son muy resistentes al agua y a la intemperie, lo que los hace ideales para pegar madera para aplicaciones estructurales y marinas.
- f) **Resinas de poliéster.** Las resinas de poliéster son preparadas haciendo reaccionar a múltiples diácidos y glicoles. Son usadas para la unión de fibras de vidrio, en la formación de láminas para equipaje, automóviles, botes, maquinaria, etc.

g) **Adhesivos de poliuretano.** Los polímeros de poliuretano se forman de la reacción de poli o di-isocianatos y polioles o compuestos con hidrógenos ácidos. Forman espumas y recubrimientos. Los elastómeros disueltos sirven como adhesivos. Aunque curan a temperatura ambiente, calentándolos se logra una mejor adhesión. Se usan ampliamente en la industria del empaque ya que pegan adecuadamente poliolefinas, celofán, nylon y pollester. También se usan para pegar hules y espumas.

h) **Resinas de polimidas.** Las resinas de polimidas consisten en nucleos aromáticos unidos por imidas, que a su vez se forman por condensación de diácidos o diaminas. Han resultado mostrar una gran resistencia al calor, solventes químicos así como buenas propiedades mecánicas, pero son caras y difíciles de manejar. Es por esto que estos adhesivos están reemplazando a los epóxicos, fenólicos y poliésteres en aplicaciones donde se requiera una resistencia al calor extrema.

ADHESIVOS, O CEMENTOS DE CONTACTO: Generalmente son formados por soluciones de neopreno. Son aplicados en ambas superficies a pegar y después de permitir la evaporación de los solventes, las dos superficies se unen para dar una fuerte unión con alta resistencia a fuerzas cortantes.

ADHESIVOS SENSIBLES A LA PRESION: Están basados en componentes elastoméricos sintéticos, de poca fuerza de pegado. Son usados en cintas adhesivas como masking o diurex, así como en etiquetas y calcomanías autoadheribles.

ADHESIVOS HUMEDECIBLES: Este tipo de adhesivos son usados en los timbres y sobres, así como en diversas etiquetas. El adhesivo es aplicado como una solución y se deja secar. Con la aplicación de agua se reactivan sus propiedades adhesivas.

d) USOS DE LOS ADHESIVOS

Aunque difícilmente nos demos cuenta, las aplicaciones de los adhesivos caen en una gran variedad de campos, siendo muchos de ellos difíciles de imaginar. A continuación revisaremos los principales campos en los que se utilizan los adhesivos y las aplicaciones de los adhesivos en éstos (Ref. 18, 19).

INDUSTRIA AUTOMOTRIZ: Esta es la industria donde el uso de adhesivos tendrá un mayor desarrollo. En un futuro, los adhesivos podrían llegar a reemplazar completamente a la soldadura para la fabricación de automóviles. Actualmente en esta industria se utilizan adhesivos en las áreas: (1) adhesivos sensibles a la presión, son usados para pegar cintas decorativas y molduras a los automóviles, eliminando así la corrosión en la carrocería que era iniciada en las perforaciones de los remaches y pijas que sostienen a las molduras mecánicamente, (2) los recubrimientos de vinilo son pegados por el interior al techo, (3) los aislamientos contra el calor, sonido y vibración son pegados en todas partes de la carrocería, (4) para fijar las alfombras, escudos y espejos, (5) adhesivos de alta resistencia, se empiezan a usar en lugar de soldadura. Estas resinas terminan de curar cuando la pintura es horneada.

INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION: Esta es otra area donde se espera un crecimiento acelerado. Las principales aplicaciones son: (1) cuando se necesita repartir esfuerzos uniformemente en la unión de dos superficies, como en los puentes, (2) en la reparación de las fracturas ocasionadas por terremotos, (3) en construcciones de madera, permiten una unión limpia, adecuada y sin bordes aún cuando las superficies no encajen perfectamente, (4) los adhesivos de neopreno pueden pegar madera húmeda aún a temperaturas bajo cero, (5) algunas resinas epóxicas pueden curar en presencia de agua facilitando la reparación de puentes y carreteras de concreto, (6) los "adhesivos de concreto" están formados con resinas epóxicas y arena.

ELECTRONICA: Hay adhesivos que pueden conducir la electricidad tan bien como los metales o aislar como plásticos. Los componentes de los circuitos integrados son unidos con adhesivos conductores de electricidad, para evitar los daños que podría haber en los componentes sensibles al calor. Adhesivos similares, pero con menos conductividad son usados en hospitales y laboratorios para pegar pisos de hules conductores y descargar la electricidad estática. Las tarjetas de memoria de computadoras usan adhesivos para pegar aleaciones magnéticas a películas de nylon y éstas a su vez a películas de aluminio.

EMPAQUETADO: Las aplicaciones en esta area son: (1) los adhesivos de silicato de sodio se han usado durante muchos años en las cajas de cartón corrugado y otros productos de cartón, (2) los adhesivos sintéticos para cartón a prueba de agua es una aplicación en crecimiento, esto es por la creciente demanda de envases de cartón con recubrimientos metálicos y plásticos para alimentos secos, aceites, bebidas y productos del hogar, (3) en diversas aplicaciones la dextrina y gomas de origen animal están siendo reemplazadas por adhesivos sintéticos, que ofrecen una mayor resistencia a la humedad y degradación biológica, (4) grandes volúmenes de adhesivos diversos son usados para unir "liners" de cartón a botellas y tapas, etiquetas a botellas y frascos de todo tipo, pegado de vasos de papel, y para cerrar cajas de todo tipo de productos.

UNION DE PLASTICOS: La baja resistencia de muchos plásticos hace inconveniente el uso de uniones mecánicas. Esta, entre otras causas, conlleva al uso de adhesivos en las areas de: (1) la unión de grandes estructuras de plástico que no podrían ser fabricadas en una pieza, (2) unión de tuberías de bajo costo para casas habitación, líneas sanitarias, irrigación y plantas químicas, (3) sustitución de soldaduras en lugares donde las chispas o flama sean inaceptables, como en los tanques de gas y los circuitos integrados, (4) en la fabricación de muebles,

para unir recubrimientos plásticos a la madera, o partes plásticas entre sí, (5) en la fabricación de zapatos y tenis (ya sea de plástico o piel).

INDUSTRIA TEXTIL: En la industria textil, los adhesivos se usan en: (1) Los recubrimientos inferiores, hules de estireno-butadieno, de la mayor parte de las alfombras y tapetes. (2) Unir las capas de "pelusa" que se ponen en zapatos, tapices, estuches y decoración. (3) La unión sin costuras de fibras textiles sintéticas y no entrelazadas, así como papel. (4) Como complemento de las costuras para darle una mayor resistencia a éstas en las botas, maletas, bolsas de dormir, correas, cortinas, pantallas, paraguas y pañales.

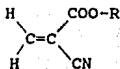
USOS DOMESTICOS: El principal uso doméstico de los adhesivos es para pegar artículos de muy distintos materiales que se rompan, fracturen o perforen. También tienen diversas aplicaciones en la oficina y la escuela. Dependiendo del uso específico para el que se requiera será el tipo de adhesivo utilizado. Los principales adhesivos para estos usos disponibles en el mercado son: (1) adhesivos en base a acetatos de vinilo (pegamentos blancos) que sirven principalmente para pegar madera, papel y tela, (2) adhesivos en base a cianoacrilatos que por su alta velocidad de pegado y la gran variedad de sustratos en que pueden pegar, son usados en diversas reparaciones domésticas, (3) plastilinas epóxicas que al mezclarse endurecen lentamente, son usadas para taponar, sellar, parchar, resanar y hasta moldear piezas o parte de ellas, (4) adhesivos en base a metil- metacrilato, de alta viscosidad y elasticidad, pero baja resistencia a la tensión y (5) adhesivos en base de neopreno, entre otros.

CAPITULO SEGUNDO

LOS CIANOACRILATOS COMO ADHESIVOS

Los alfa-cianoacrilatos han asumido un lugar importante dentro de la gran variedad de adhesivos disponibles para la industria y el hogar. Sus propiedades los hacen únicos entre una gran variedad de adhesivos. Polimerizan en cuestión de segundos, a temperatura ambiente, sin la necesidad de usar catalizadores, solventes o calentamiento. Se aplican sencillamente y polimerizan rápida y fuertemente, gracias a la presencia de la humedad en el aire y en las superficies a pegar, sobre una amplia gama de sustratos. Son usados en cantidades muy pequeñas (gota a gota) para las más diversas necesidades de adhesión. El alto rendimiento de adhesivo por aplicación, hace que los volúmenes de producción de los alfa-cianoacrilatos sean muy bajos en comparación con la gran mayoría de monómeros y polímeros del resto mercado. Sin embargo, la gran diversidad de usos que se les da hace que el número de usuarios finales sea muy alto, y las necesidades específicas para cada uso muy variadas.

Los alfa-cianoacrilatos son derivados disustituídos del etileno que deben su inusual comportamiento a una alta polarización de la ligadura insaturada del acrilato provocada por la presencia del grupo cianuro.



Alfa-cianoacrilato

Los alfa-cianoacrilatos poseen la habilidad de polimerizar muy rápidamente cuando forman una capa delgada entre dos adherentes. Los materiales básicos en la mayor parte de los sustratos funcionan como iniciadores de la polimerización. Por comodidad, de aquí en adelante nos referiremos a los alfa-cianoacrilatos como cianoacrilatos.

HISTORIA

Las propiedades adhesivas de los cianoacrilatos fueron identificadas por primera vez en 1951 en los laboratorios de investigación de Eastman Kodak, durante la investigación de las propiedades de series de etilenos disustituidos. En el transcurso de la medición del índice de refracción del 2-etil cianoacrilato, el químico encargado descubrió que ambas superficies del refractómetro estaban firmemente unidas. Esta coincidencia condujo en un corto plazo al descubrimiento de una serie de sustratos que presentaban las mismas propiedades adhesivas. Finalmente, los avances condujeron a el lanzamiento al mercado, en 1958, del primer adhesivo comercial basado en cianoacrilatos, el "Eastman 910" (Ref. 15,18).

La variedad de usos que se les han dado se ha ampliado mucho desde entonces. Por ejemplo, los cianoacrilatos fueron usados durante la guerra de Vietnam como agentes hemostáticos (en forma de aerosoles), y como reemplazo de suturas para cerrar heridas (Ref. 8 y 19).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE CIANOACRILATOS.

Las principales ventajas que éstos adhesivos ofrecen son (Ref. 18, 26):

1. Sistema de adhesión de un solo componente. La mayor parte de los adhesivos disponibles en el mercado son sistemas de dos componentes, lo que provoca que tengan que ser premezclados antes de su aplicación. Como los

cianoacrilatos no requieren mezclarse, la posibilidad de falla por un mal mezclado es nula.

2. Facilidad de aplicación. Los cianoacrilatos tienen una baja viscosidad que les permite expandirse fácilmente sobre la superficie en la que se aplican. Para facilitar aún más su aplicación, son empacados en pequeños envases de plástico que permiten aplicarlos gota a gota haciendo de la aplicación del adhesivo una operación limpia y sencilla.

3. Alta velocidad de curado. Una vez aplicados, los cianoacrilatos curan en cuestión de segundos, comparados con los minutos y hasta horas que tardan los demás adhesivos.

4. Gran fuerza de pegado en una amplia variedad de sustratos. Esta propiedad, no encontrada en muchos otros adhesivos, permite una gran versatilidad en su uso. Algunos de los sustratos que son pegados por los cianoacrilatos son: metales de todo tipo (excepto aluminio), vidrio, hule, plásticos (excepto teflón y polietileno), madera, piel, cartón, corcho, porcelana y fieltro.

5. Bajo costo y baja cantidad de adhesivo utilizado por unidad de área. Los cianoacrilatos se adhieren mejor cuando son aplicados en bajas cantidades. Esto es debido a que como los catalizadores o iniciadores de la reacción están presentes en la superficie de los sustratos, las uniones son más efectivas cuando el radio de área de sustrato a volumen de adhesivo es alto, lo cual se traduce en un bajo costo por aplicación.

6. Buena apariencia de partes reparadas. La delgada capa de adhesivo necesaria es muy delgada y como es totalmente transparente, las uniones con los cianoacrilatos son casi imposibles de ver a simple vista.

7. Resistencia a compuestos químicos. Con excepción de la acetona, soluciones ácidas o básicas, alcohol metílico y agua.

8. Bajo riesgo de uso. No contienen solventes a evaporar.

9. Polimerizan a temperatura ambiente. Eliminan así la necesidad de hornos para lograr la polimerización.

10. Resistencia a condiciones climáticas. Con excepción de las uniones de vidrio y aluminio, los cianoacrilatos demuestran una buena resistencia a las condiciones climáticas.

Sin embargo, a pesar de el gran número de ventajas que poseen, los cianoacrilatos presentan las siguientes desventajas (Ref. 18, 26):

1. Sensibilidad a la humedad. La polimerización de los cianoacrilatos es catalizada por bases extremadamente débiles, como la humedad, por lo que la presencia de agua debe ser monitoreada cuidadosamente durante su fabricación, almacenamiento y uso.

2. Limpieza de las superficies. Como con la mayor parte de los adhesivos, las superficies las superficies a pegar deben de estar libres de grasa, humedad y suciedad.

3. Uso limitado a superficies lisas. Debido a su baja viscosidad, para que los cianoacrilatos funcionen optimamente las superficies deben de embonar perfectamente. Existen formulaciones que sacrifican el tiempo de adhesión por una mayor viscosidad.

4. Estabilidad térmica limitada. Los cianoacrilatos tienen una resistencia térmica limitada durante períodos de exposición constante de los -50°C a los 80°C. Sin embargo

pueden soportar temperaturas fuera de ese rango durante tiempos de exposición cortos.

El paso del tiempo y la exposición a la intemperie deterioran lentamente las uniones preparadas con los adhesivos de cianoacrilatos. Sin embargo, esta deterioración no es de suficiente magnitud como para cuestionar su utilidad como adhesivos.

De los muchos monómeros de cianoacrilato existentes, los de importancia a nivel industrial son el metil, etil, alil y el butil-cianoacrilato. Sin embargo, el más usado de todos, es el etil-cianoacrilato.

PROPIEDADES FISICAS:

Apariencia: Todos los monómeros y polímeros de cianoacrilatos puros son líquidos incoloros y transparentes.

Viscosidad: Los monómeros de cianoacrilatos puros tienen viscosidades del orden de los 2 cp. Sin embargo, con el uso de modificadores de viscosidad pueden formularse para tener viscosidades de hasta 3000 cp. (Ref. 25, 26)

Densidad: La densidad de los monómeros de cianoacrilatos es similar a la del agua. La densidad disminuye ligeramente al aumentar el tamaño del grupo ester.

Solubilidad: Los monómeros de cianoacrilatos son solubles en n,n-dimetilformamida, sulfóxido de dimetilo, acetonitrilo y nitrometano. También son solubles en algunas cetonas y alcoholes, pero estos causan, al igual que el agua, una polimerización inmediata. Adicionalmente, en base a los valores de los parámetros de solubilidad, el metil, etil e isobutil cianoacrilatos deben ser solubles en hidrocarburos aromáticos pero insolubles en alifáticos.

Resistencia a sustancias químicas: Los polímeros de cianoacrilatos son degradados por acetona, soluciones ácidas y básicas diluídas, alcohol metílico y agua.

Dureza: La dureza de los polímeros de cianoacrilatos generalmente decrece con un incremento en el tamaño del grupo ester.

Elongación: Los polímeros con grupos ester de sustituyentes menores a C-5, tienen un porcentaje de elongación bajo y por lo tanto todos los polímeros de cianoacrilatos son quebradizos. El porcentaje de elongación depende del tamaño de grupo ester. En ésteres de C-5 y mayores, la elongación aumenta con el tamaño del grupo ester.

Índice de refracción: El índice de refracción de los polímeros de cianoacrilatos oscila alrededor del 1.44 D, valor similar al del vidrio.

Esfuerzo en tensión: La fuerza requerida para romper el material decrece con un aumento en el tamaño del grupo ester.

Resistencia al impacto: Todos los polímeros tienen una resistencia al impacto baja que no sigue patrón alguno respecto al tamaño del ester.

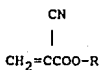
TABLA 1. Propiedades físicas de algunos monómeros de alquil-cianoacrilatos.



Propiedad	sustituyente -R								
	-CH ₃ metil	-CH ₂ CH ₃ etil	-CH ₂ CH ₂ CH ₃ n-propil	-CH(CH ₃) ₂ isopropil	-(CH ₂) ₃ CH ₃ n-butil	-CH ₂ CH(CH ₃) ₂ isobutil	-(CH ₂) ₄ CH ₃ n-pentil	-(CH ₂) ₅ CH ₃ n-hexil	-(CH ₂) ₇ CH ₃ n-octil
Apariencia	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente	Líquido incolore transparente
Punto ebullición (°C / mmHg)	48-49 2.5-2.7	54-56 2.6-3.0	80 6.0	53-56 2.0-2.5	83-84 3.0	71-73 1.9-2.2	113 5.4	90 1.6	117 1.8
Viscosidad (cp, a 25°C)	2.20	1.86	1.95	2.08	2.07	2.02	3.32	3.66	3.92
ΔH de polimerización (en isobutilo nitrilo a 25°C) (kcal/mol)	13.8	13.9	15	16.2	15	16.0	14.5	16.5	16.3
Densidad a 20°C	1.1044	1.0501	1.0129	1.0009	0.9851	0.9954	0.9765	0.9652	0.9461
Índice de refracción (25°C)	1.4406	1.4349	1.4291	1.4354	1.4330	1.4352	1.4393	1.4406	1.4444
Presión de vapor (mmHg)									
a 25°C	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
a 125°C	224	186	155	163	104	109	45	37	28
a 150°C	402	381	318	333	218	229	129	82	64
Parámetro de solubilidad	11.3	10.72	-	-	-	9.7	-	-	-

TABLA 2.

RELACION ENTRE EL MONOMERO DE CIANOACRILATO
Y LAS PROPIEDADES DEL POLIMERO.



PROPIEDAD	SUSTITUYENTE (-R) :				
	metil-	etil-	metoxi-	n-butil-	n-hexil-
Resistencia a la tensión (N/mm ²)	22	20	18	15	8
Tiempos de curado típicos (s) entre superficies de:					
Acero	50	20	50	60	120
Hule	5	5	10	20	30
PVC	10	5	15	30	60
Resistencia a la humedad	buena	buena	buena	buena	regular /buena
Resistencia a solventes	muy buena	buena	buena	regular	regular
Olor	picante	picante	inoloro	picante	inoloro
Emblanquecimiento	obvio	obvio	muy ligero	ligero	muy ligero

PROPIEDADES QUÍMICAS:

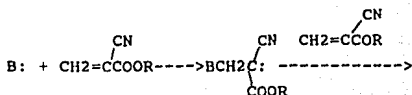
Los cianoacrilatos polimerizan exotérmicamente por un mecanismo que puede ser aniónico o de radicales libres. De estos mecanismos, el primero es de mayor interés para nosotros por dos motivos principales: (1) al polimerizar aniónicamente, los cianoacrilatos son de los monómeros más reactivos que se conocen, (2) como consecuencia de esta extrema reactividad, los cianoacrilatos son capaces de reaccionar en presencia de bases muy débiles, inclusive de bases covalentes.

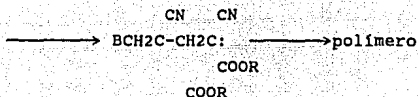
Entre los factores que pueden influenciar a la velocidad de reacción, está el efecto estérico del sustituyente del ester. Los sustituyentes muy voluminosos no permiten que haya polimerización. Los sustituyentes pequeños permiten que puedan ocurrir ambos mecanismos de polimerización. Conforme aumenta el tamaño del sustituyente, se entorpece más el mecanismo de polimerización por radicales libres que el aniónico.

La polimerización de los cianoacrilatos es mucho más rápida cuando sigue un mecanismo aniónico que uno de radicales libres, esto es debido a que el transporte de los iones es mucho más rápido que los radicales, y además, la deficiencia de electrones del doble enlace hace a la captura de los iones negativos más rápida que la de radicales.

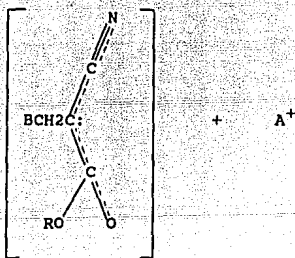
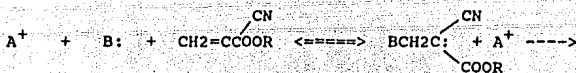
Polimerización aniónica:

La polimerización aniónica, es catalizada por cualquier tipo de base y es propagada por el carbanión resultante:





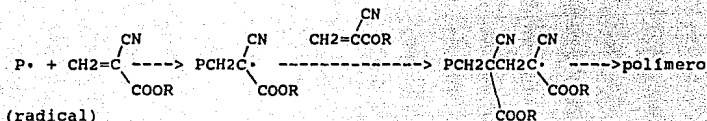
El efecto altamente electronegativo creado por los grupos cianuro (-CN) y éster (-COOR), permite que la polimerización aniónica se inicie a temperatura ambiente incluso por bases muy débiles. El primer paso de esta polimerización es la polarización del doble enlace por un ión negativo. Posteriormente, este ión se estabiliza al entrar en resonancia:



La resonancia causada por los grupos nitrilo y éster estabiliza al anión y permite que la polimerización continúe hasta llegar a formar polímeros de altos pesos moleculares. El polímero resultante tiene buena fuerza de cohesión y adhesión sobre una gran variedad de sustratos (Ref. 8, 13, 14, 15, 18).

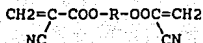
Polimerización por radicales libres:

En este mecanismo la velocidad de reacción está determinada por la cantidad de iniciador presente y por la vida media de la fuente de radicales. Este mecanismo de reacción tiene una alta energía de activación (30 kcal/mol), por lo que esta reacción se ve favorecida por el calor.

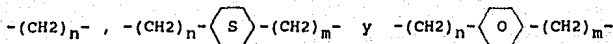


Este mecanismo de reacción permite que ocurran entrecruzamientos en las cadenas del polimero, formando un polimero con una resistencia a la temperatura mayor, así como a la humedad e impacto que si solo estuviera formado por cadenas lineales, como sucede en la polimerización aniónica. Este entrecruzamiento ocurre cuando están involucrados en la polimerización:

- (1) monómeros que contienen dos grupos cianoacrilatos, los bis-cianoacrilatos, del tipo:



unidos por sustratos (-R), del tipo alquil o aril como:



- (2) monómeros que contienen alil-cianoacrilato, que se obtienen de la condensación de Knoevenagel del cianoacetato correspondiente con etileno, que a su vez se obtiene de condensación de alcohol alílico y ácido cianoacético.

Las moléculas que contengan grupos de los anteriormente mencionados pueden polimerizar ya sea al ser llevados a altas temperaturas o al ser expuestos a un iniciador de polimerización adecuado, como los peróxidos de cetonas, azocompuestos y compuestos sulfurados ($R-N=C=S$) (Ref. 8, 13, 14, 18).

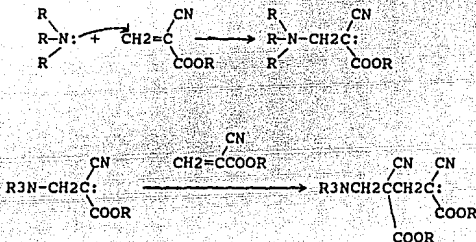
**Comparación de los mecanismos de polimerización
y sus polímeros resultantes.**

Mecanismo de reacción

	Radicales libres	Aniónico
MONOMERO:		
Energía de activación	alta	baja
Peso molecular	alto	bajo
Dependencia de la temperatura	alta	intermedia
Tipo de inhibidor	receptor de radicales libres	cationes
Influencia impurezas	poco sensible	muy sensible
POLIMERO:		
Resistencia al impacto	alta	baja
Resistencia a la humedad	mediana	alta
Resistencia a la temperatura	alta	baja

Poliimerización por bases covalentes.

Los cianoacrilatos reaccionan con bases tan débiles, que pueden reaccionar en presencia de bases covalentes, como las aminas. En ésta reacción, los cianoacrilatos forman zwitteriones:



Una vez formados los zwitteriones, Estos pueden reaccionar entre si para formar zwitteriones de doble longitud, pueden continuar reaccionando con monómeros de cianoacrilatos o pueden terminar la reacción formando anillos (Ref. 8, 13). Este tipo de reacción no tiene usos prácticos todavía.

Efecto de catalizadores en la poliimerización Cualquier base puede hacer que los cianoacrilatos polimerizen: aminas, amidas, amoniaco, agua, alcohol, etc., pero cada tipo de catalizador tiene un efecto distinto sobre la poliimerización.

Tipos de bases usadas:

- agua: el agua y el vapor de agua provoca una velocidad de iniciación máxima cuando el cianoacrilato está esparcido en una capa delgada. El agua limita la longitud de las cadenas, al iniciar una cadena (con HO^-) termina otra (con H^+).

b) alcoholes: los alcoholes también inician la polimerización al entrar en contacto con los cianoacrilatos. Los alcoholes son esparcidos sobre las superficies ácidas, como algunas maderas, para permitir su unión. Aceleran la velocidad de reacción al neutralizar a los ácidos, sin afectar la fuerza del enlace. (Ref. 8)

c) aminas: las aminas también pueden catalizar la polimerización pero son difíciles de aplicar. Con frecuencia el uso de aminas disminuye la fuerza de unión del adhesivo. No tienen aplicación práctica. (Ref. 8)

d) peróxidos: los peróxidos son catalizadores efectivos para la polimerización por radicales libres, sobre todo cuando se encuentran en conjugación con cetonas (como el peróxido de metil, etil-cetona). Aún con la presencia de peróxidos, el monómero de cianoacrilato polimeriza a temperatura ambiente por la presencia de bases débiles. Cuando el polímero es calentado a altas temperaturas el iniciador de radicales se descompone, iniciando la formación de los entrecruzamientos (Ref. 8).

Velocidad de reacción.

Debido a la gran reactividad de los cianoacrilatos, las técnicas convencionales para medir la velocidad de reacción, como la dilatometría, sólo son posibles en condiciones especiales y con los iniciadores más débiles que se conocen.

Con la tribencilamina, trietilamina, bencil dimetil amina, piridina y la trietilfosfina, se ha conseguido medir la velocidad de reacción de algunos cianoacrilatos, en calorímetros adiabáticos, usando bajas concentraciones de monómero (0.05-0.5 M) y concentraciones de iniciador en el rango de 10^{-3} a 10^{-5} M. A continuación revisaremos algunos datos cinéticos obtenidos con soluciones del monómero de butil-cianoacrilato (BCA) en THF, con distintos catalizadores, como ejemplo de las características cinéticas de los cianoacrilatos.

Soluciones de BCA en THF catalizado por trietilfosfina (Et₃P) a temperatura ambiente, polimeriza "instantaneamente", con un $t(1/2) = 0.5$ seg, y $K_p = 3.5 \times 10^5$ litros mol⁽⁻¹⁾ seg⁽⁻¹⁾ a 0 C. La dependencia de la temperatura de esta reacción presenta una constante de reacción de primer orden aparente, proporcional a la concentración del monómero, con una energía de activación muy baja, pero positiva.

La determinación del peso molecular teórico ($DP = M_o/I_o$), del sistema BCA\THF\NaI a temperaturas de 0 a 20 C nos indica que solo entre 5 y 10% del iniciador tiene tiempo de comenzar la reacción antes de que todo el monómero se consuma (Ref. 8, 26, 15).

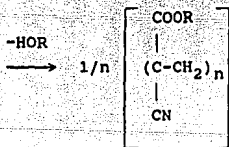
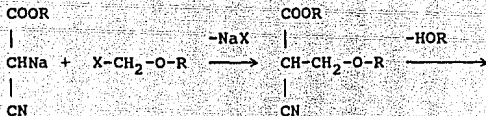
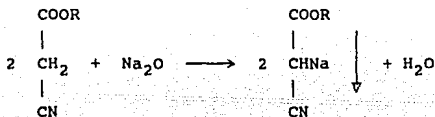
SINTESIS DE CIANOACRILATOS

La alta reactividad de los cianoacrilatos evita la síntesis directa del monómero. Para obtener el monómero, primero se debe sintetizar el polímero del cianoacrilato y después despolimerizarlo por medio de calor. La rápida polimerización del monómero requiere de una separación delicada en un equipo costoso. El resultado final es un proceso costoso y delicado a comparación de los procesos requeridos para otros tipos de adhesivos.

Las principales etapas en la síntesis de monómeros de cianoacrilatos son: (1) preparación del poli-cianoacrilato apropiado a partir de su cianoacetato, (2) eliminación de los catalizadores de la polimerización, (3) despolimerización del poli-cianoacrilato al monómero de cianoacrilato, y (4) destilación y estabilización del monómero de cianoacrilato.

Dos métodos han sido utilizados para la preparación del poli-cianoacrilato.

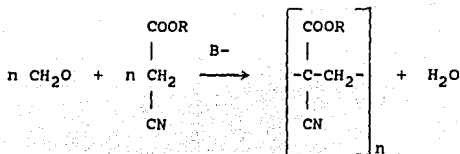
1. Tratamiento con sales metálicas. Este método fue el primer método desarrollado para preparar cianoacrilatos, involucra la reacción del cianoacetato con una base metálica para dar una sal. Esta sal se hace reaccionar con un halogenuro de ester o eter metílico para formar una mezcla que contiene al cianoacrilato parcialmente polimerizado. Posteriormente, ésta mezcla se despolimeriza y destila para obtener el monómero deseado.



Tratamiento con sales metálicas

En esta reacción generalmente se mezclan metóxido de sodio con cianoacetato de metilo en una solución de metanol, y se calientan de 75 a 90°C. La sal metálica formada precipita en la solución y se separa por filtración. Esta sal se agrega a cloro metil acetato y se enfría con hielo para mantener la temperatura abajo de los 35°C. Al eliminar el ácido acético formado la polimerización empieza espontáneamente, pero puede ser acelerada removiendo el solvente y agregando agua fría. El poli-cianoacrilato obtenido se extrae con un solvente, se despolimeriza a altas temperatura para ser destilado al alto vacío.

2. Condensación (2,3) de Knoevenagel. En este método, el cianoacetato y formaldehído reaccionan en presencia de un catalizador básico para formar el monómero de cianoacrilato, que polimeriza inmediatamente.



Condensación de Knoevenagel

En esta reacción generalmente se mezclan en un reactor el solvente, uno de los reactivos, y el catalizador, la mezcla se agita vigorosamente y calienta entre 50 y 90°C. El segundo reactivo (generalmente el formaldehído) se adiciona lentamente para controlar la temperatura de reacción. El formaldehído puede ser adicionado ya sea en forma líquida o en forma polimerizada, como

paraformaldehído. La forma polimerizada es preferida ya que minimiza la cantidad de agua en exceso que debe ser removida posteriormente. Como catalizadores pueden ser utilizadas diversas sales orgánicas e inorgánicas, de éstas, la piperidina es el catalizador más usado, agregándose en concentraciones entre 0.1 y 1.0 %. Algunos ácidos pueden funcionar como catalizadores. Principalmente las combinaciones de ácidos débiles y sales de aminas. Los ejemplos más característicos de estos son el hidrocloreuro de piperidina con el ácido clorhídrico, y el hidrocloreuro de dimetil amina con el ácido acético en cantidad suficiente como para alcanzar un pH de 5.

El solvente se selecciona de modo tal que facilite la agitación del polímero y la remoción de calor de reacción. El calor generado por la reacción exotérmica se elimina condensando el solvente en el reflujo o enfriando el exterior del reactor.

Después de terminada la condensación de Knoevenagel, el agua y el solvente se remueven por destilación o por evaporación en un horno. Para eliminar fácilmente tanto el agua como el solvente, la destilación azeotrópica, con mezclas de solventes como benceno y tolueno, es muy efectiva. Para eliminar el agua, también podemos utilizar anhídridos o ácido clorhídrico ya que estos forman ácidos que pueden ser removidos por destilación.

Una vez que se ha obtenido el polímero por cualquiera de los métodos descritos anteriormente, éste se despolimeriza calentándolo a temperaturas que oscilan entre 150 y 300°C. Este paso requiere de un control exacto de las condiciones de proceso. Una pequeña cantidad de bases débiles, como el agua, catalizarían de manera inmediata la reacción de repolimerización, por lo que éstas deben ser removidas o neutralizadas previamente.

De forma simultánea a la despolimerización, el monómero debe ser separado en una atmósfera ácida por destilación al alto vacío. Para evitar la repolimerización en el condensador y el recolector de la unidad de destilación, se utilizan inhibidores de polimerización. Para evitar la polimerización aniónica, generalmente se disuelve un ácido fuerte, como el SO_3 o el anhídrido fosfórico en el monómero. Para evitar la polimerización por radicales libres, se usa un inhibidor de radicales libres, como la hidroquinona.

En cuanto al solvente, es recomendable usar un solvente con un alto punto de ebullición, ya que no solo ayuda en la transferencia de calor, sino que también disminuye la viscosidad. Por lo anterior, es conveniente usar fosfonatos o fosfatos aromáticos como solventes.

A medida que la temperatura se eleva durante la destilación al alto vacío, los monómeros situados en los extremos de los polímeros se desprenden y evaporan. La mayor parte del poli-cianoacrilato despolimeriza entre los 160 y 220°C. El resto, un 20% del total, se libera con un mayor calentamiento. Rendimientos de un 85%, en base a la cantidad original de paraformaldehído, son comunes en este proceso.

El proceso de despolimerización y destilación pueden realizarse de manera continua o discontinua. El proceso discontinuo es más común debido a que los volúmenes de producción son bajos. En este proceso, el residuo acumulado se adhiere firmemente al fondo del tanque, haciendo difícil su limpieza. Para facilitar esta limpieza, se debe utilizar un exceso de cianoacetato en la producción del poli-cianoacrilato. Este exceso disminuye la longitud de las cadenas de polímero, la temperatura de despolimerización y la viscosidad del residuo, permitiendo una fácil limpieza

del equipo. El exceso de cianoacetato es reciclado. Cuando la despolimerización y destilación se realizan en un proceso continuo, se agregan continuamente a la sección de despolimerización del reactor el policianoacrilato, un solvente de un alto punto de ebullición, como tricresil fosfatos, e inhibidores de polimerización adecuados. Los residuos de la despolimerización son removidos continuamente en el extremo opuesto del reactor, y el monómero destilado es condensado, estabilizado y recibido en un recipiente.

Actualmente también existen equipos en los que los alimentadores y la sección de despolimerización se asemejan a un aparato de extrusión que es calentado y vaciado. Con un tornillo extrusor, el poli-cianoacrilato es fundido y despolimerizado, para luego ser condensado en tanques de almacenamiento al vacío. Con estos equipos, se obtiene producto de alta calidad y con buenos rendimientos, sin la necesidad de utilizar solventes de alto punto de fusión (Ref. 8, 15, 57).

CAPITULO TERCERO

AVANCES RECIENTES EN CIANOACRILATOS

Desde la introducción al mercado del primer adhesivo comercial en base a cianoacrilatos, en 1958, se ha dedicado una gran cantidad de recursos para la optimización de estos. Los resultados de estas investigaciones han llevado a que por medio de la adición de aditivos se logren sobreponer, parcial o totalmente, algunos de los inconvenientes del uso de éstos adhesivos, sin perder sus ventajas exclusivas, como la velocidad de reacción.

A pesar de estos avances, hay inconvenientes que persisten, como la limitada resistencia al calor, o que aun requieren de una mayor investigación, como los usos médicos y la síntesis del monómero.

A continuación revisaremos los principales avances en la tecnología de los cianoacrilatos en los últimos años.

a) VISCOSIDAD

Todo pegamento debe de tener una viscosidad lo suficientemente baja como para cubrir los poros existentes entre las superficies a pegar, pero no tan baja como para permitir que demasiado adhesivo aplicado se absorba por las superficies a pegar, inhabilitando la adhesión.

De los muy distintos tipos de adhesivos que existen, los cianoacrilatos son de los que tienen las viscosidades más bajas. Los monómeros puros de cianoacrilatos tienen viscosidades que normalmente oscilan entre los 2 a los 4 cP. Esto dificulta el uso de los cianoacrilatos para unir superficies que no embonen perfectamente. Sin embargo, este problema se resuelve al mezclar los cianoacrilatos con compuestos modificadores de viscosidad, obteniendo líquidos con valores de viscosidades hasta de 20,000 cP. Este rango tan amplio de viscosidades nos permite pegar superficies irregulares o porosas (con poros de diámetros hasta de 0.50 mm), como la madera y la piel, facilita la aplicación del monómero en superficies verticales o inclinadas, evita el derramamiento accidental del adhesivo durante su aplicación y permite el recubrimiento de piezas, tales como componentes electrónicos.

Son muchos los componentes modificadores de viscosidad usados con los adhesivos de cianoacrilatos. El más común es el polimetilmetacrilato (PMMA) por tener un bajo costo y ser de fácil incorporación al adhesivo. La única precaución que hay que tomar antes de incorporar el PMMA al cianoacrilato, es que debe ser calentado para eliminar el peróxido de benzoilo residual presente en el PMMA y aumentar la vida del monómero. Otro método muy común de aumentar la viscosidad de los cianoacrilatos es solubilizar en ellos polímeros del mismo monómero de cianoacrilato utilizado, o de otros polímeros solubles en el monómero que no deterioren la fuerza de adhesión del pegamento. Entre éstos, los compuestos citados en la literatura son: el

ABS, MBS, poliacrilatos, poliésteres de celulosa, polivinilmetiléter, copolímero de etileno-acetato de vinilo-cloruro de vinilo, los ácidos tri- (hidroxialquil) cianúrico y fosfónico, copolímeros de cianoacrilato - estireno, etc.

La elasticidad y la resistencia a la fractura son características de los adhesivos de cianoacrilatos que son mejoradas al incorporar en ellos modificadores de viscosidad. Todo modificador de viscosidad aumenta la elasticidad de los cianoacrilatos. Y la elasticidad es importante para que las uniones formadas resistan esfuerzos cortantes, vibraciones o impactos continuos.

La velocidad de reacción y la fuerza de unión de los cianoacrilatos son características que son afectadas por un aumento de viscosidad. Sin embargo, no disminuyen tan drásticamente como para no hacer atractivo su uso. Estas disminuciones se deben a que el espesor de las uniones afecta a la velocidad de reacción y a la fuerza de unión de estos. Las uniones delgadas presentan tiempos de curado menores y fuerzas de unión mayores que las uniones de mayor espesor.

El cambio de velocidad de reacción se debe a que al aumentar el espesor de la capa de adhesivo, la relación de cantidad de adhesivo a área superficial aumenta, disminuyendo así la cantidad de catalizador (humedad y/o superficie) disponible para una cantidad dada de adhesivo (Ref. 8, 26, 30, 31, 33, 34, 35, 36).

b) RESISTENCIA AL IMPACTO.

Las uniones con cianoacrilatos tienen una alta resistencia a la tensión pero son quebradizas, por lo que tienen una baja resistencia al impacto.

Existen una serie de adhesivos que son usados para impartir a los cianoacrilatos una mayor resistencia al impacto. Estos aditivos no modifican la viscosidad de los cianoacrilatos, pero son usados en combinación de modificadores de viscosidad para mejorar las propiedades mecánicas de estos adhesivos. Los aditivos más mencionados en la literatura son: ácidos policarboxílicos, ácido tiodisuccínico, policarbonatos, polifloruros de vinilideno, polietileno, copolímeros de poliacrilatos, lactonas, oxibenzaldehído, copolímeros de acetato de viniloetileno, etc.

Como algunos de estos aditivos son ácidos, se debe de tener cuidado con el nivel total de ácidos presente, ya que un nivel excesivo reduciría sensiblemente la velocidad de reacción (Ref. 8, 37, 38, 39, 40, 41).

c) RESISTENCIA AL CALOR

Las uniones hechas con adhesivos de cianoacrilatos son afectadas al someterse a temperaturas sensiblemente por encima de la temperatura ambiente normal. Para ser útiles en un sinnúmero de aplicaciones, las uniones realizadas con este adhesivo deben conservar su resistencia mecánica a temperaturas elevadas, al ser expuestas durante su uso de manera continua o repetida a temperaturas elevadas.

Recordemos que los monómeros de cianoacrilato se forman por la descomposición térmica de su polímero a temperaturas que van de los 150° a los 175°C. La fuerza de unión de los cianoacrilatos permanece estable hasta temperaturas cercanas a los 100°C, temperatura después de la cual, las uniones hechas con este polímero empiezan a debilitarse rápidamente. Para tener polímeros de cianoacrilatos que resistan adecuadamente a temperaturas elevadas, las cadenas de los polímeros de cianoacrilatos deben de sufrir entrecruzamientos que los transformen de termoplásticos a termofijos, aumentando su resistencia al calor.

Hay tres alternativas para formar polímeros de cianoacrilatos entrecruzados (o reticulados) : (1) que sufran una polimerización inicial por un mecanismo de radicales libres, (2) que sufran una polimerización aniónica inicial y otra polimerización posterior por radicales libres al ser expuestos a temperaturas elevadas y (3) que incorporen entre sus cadenas a aditivos que promuevan una polimerización secundaria al ser calentados.

Una polimerización inicial por radicales libres no es de interés comercial debido a que perdemos por completo la alta reactividad que caracteriza a los cianoacrilatos. No es posible preparar composiciones de adhesivos en base a cianoacrilatos que inicialmente sufran de un entrecruzamiento importante y a la vez mantengan una alta reactividad.

La alternativa más ampliamente utilizada es una polimerización aniónica inicial y una polimerización posterior inducida térmicamente, siguiendo un mecanismo de radicales libres. Los agentes reticulantes que permiten este tipo de polimerización son: ésteres de cianoacrilato con grupos polimerizables (como el alil, alqueno, alquinilo, o cicloalqueno) en combinación con aditivos como el anhídrido maléico y sus productos de sustitución, o alilmetacrilato. Estas combinaciones permiten lograr una resistencia al calor hasta temperaturas de 100°C, sin afectar su alta reactividad ni otras propiedades. Como la degradación térmica de los cianoacrilatos se inicia a temperaturas de 100°C, los iniciadores de radicales libres deben de tener una temperatura de descomposición en el rango de los 90° a los 120°C, como los peróxidos de dialquilo y peroxiésteres.

Por último, la opción de incorporar aditivos que se intercalen entre las moléculas de cianoacrilato, en vez de estar simplemente suspendidas entre ellas, e induzcan una segunda polimerización al ser expuestos al calor, permite

una mayor reticulación de los polímeros.

Un ejemplo de estos últimos aditivos son las maleimidas, que en combinación con alilcianocrilatos, ofrecen una resistencia al calor sin alteración alguna hasta los 120°C y una menor degradación a temperaturas mayores. Esta resistencia es la mejor de la que se tiene noticia a la fecha. Las maleimidas se incorporan a las cadena de cianoacrilatos durante su polimerización. Posteriormente, la exposición a temperaturas elevadas induce una segunda polimerización entre las maleimidas con sitios insaturados y los monómeros del ester acrílico adyacentes, formando las reticulaciones deseadas. Otros copolímeros que pueden ser usados para éste fin son los carboxilatos de cianobutadieno (Ref. 8, 42, 43, 44, 45, 46, 47).

d) COLOR

Existen en el mercado distintas composiciones de este tipo de adhesivo, que mediante la inclusión de estabilizadores, inhibidores de polimerización, agentes espesantes, diluyentes, plastificantes y otros aditivos, ofrecen una gran variedad de propiedades físicas y químicas para muy distintos usos. Debido a que los cianoacrilatos son líquidos incoloros y transparentes, se pueden incorporar colorantes en el adhesivo para poder diferenciar a simple vista a las distintas propiedades a los que está destinado el adhesivo exclusivamente en base al color del mismo.

Además, los colorantes también permiten identificar con facilidad la zona donde ha sido esparcido el adhesivo. Este es el caso de los usos quirúrgicos. Los cianoacrilatos son rociados sobre la piel como agentes hemostáticos en cirugías donde hay una gran pérdida de sangre, además, la aplicación de éstos en una delgada línea puede sustituir a las suturas en heridas superficiales. Sin embargo, como los cianoacrilatos son transparentes e incoloros, es difícil saber que cantidad de cianoacrilato ha sido esparcida. Esto es importante, ya que como los cianoacrilatos son

parcialmente biodegradables, es indeseable utilizar cantidades excesivas de este adhesivo en heridas o que queden restos de adhesivos una vez terminada la intervención. El color nos ayuda a detectar si la cantidad de adhesivo es adecuada, o si quedaron restos de cianoacrilatos en la herida o piel, evitando posibles riesgos a la salud.

Debe haber un equilibrio en la cantidad de colorante usada. Una fuerte coloración del adhesivo hace fácil la distinción de los sustratos, pero los mancha y disminuye la estabilidad de los adhesivos. Por otro lado, una débil coloración no permite una distinción de las delgadas capas de adhesivo y no permite distinguir las zonas donde el adhesivo fué aplicado de las que no.

Los colorantes que se usan en los cianoacrilatos no deben ser básicos, deben ser solubles en los cianoacrilatos, no deben de alterar las propiedades de éstos (principalmente tiempo y fuerza de pegado), ni disminuir su estabilidad.

Los primeros colorantes utilizados para este fin, fueron derivados sustituidos de la antraquinona. Posteriormente se utilizaron colorantes con sustituyentes como fenil, aril y aminobenceno. Sin embargo, éstos disminuían la fuerza de pegado y la estabilidad de los adhesivos.

Los colorantes más nuevos, son colorantes fluorescentes que tiñen a los cianoacrilatos sin afectar la fuerza de adhesión, ni la estabilidad del adhesivo. Al ser irradiados por luz negra, permiten una distinción visual adecuada, aún en formulaciones de muy débil coloración. Ejemplos de éstos son el Verde # 5, el Rojo Acido # 50 y Rojo Acido # 52, en concentraciones que van de 0.1 a 2000 ppm. El Verde # 5 da un color amarillo con una fluorescencia verdosa, el Rojo ácido # 50 da un color rojo-amarillento con una fluorescencia verdosa, el Rojo ácido # 52 da un color rojo-azuloso brillante con una fluorescencia verdosa (Ref. 27, 28, 29).

e) USOS MEDICOS

Los cianoacrilatos son la clase de adhesivos con mayores probabilidades de ser usados en medicina. Esto se debe a su alta velocidad de reacción sobre tejido húmedo o seco, en capas delgadas, con una gran fuerza de unión a los tejidos y huesos. Sin embargo, su uso es muy limitado debido a que presenta algunos problemas toxicológicos.

Se han realizado investigaciones para determinar la factibilidad del uso de los cianoacrilatos en una gran cantidad de aplicaciones médicas, pero los resultados aun no han sido del todo satisfactorios. Las aplicaciones donde se ha investigado el uso de cianoacrilatos son : la cirugía ocular, reparación de vasos sanguíneos menores, reemplazo y reforzamiento de suturas en la piel, unión de huesos, unión de componentes plásticos en corazones artificiales, cirugía de oído, y como agentes hemostáticos en órganos de alta irrigación (como pulmones e hígado).

El problema del uso de los cianoacrilatos radica en que generalmente se presenta necrosis en el tejido adyacente. Se cree que esta necrosis se puede deber o al calor liberado durante su polimerización o a su biodegradación en productos tóxicos.

Entre las alternativas estudiadas para solucionar este inconveniente, están cianoacrilatos con sustituyentes de alquilo más ramificados. Estos cianoacrilatos son menos tóxicos, por lo que son buenos agentes hemostáticos. Sin embargo, no pueden ser usados internamente ya que al ser menos biodegradables, son retenidos como cuerpos extraños y producen una respuesta inmunológica, llegando incluso a causar una encapsulación fibrótica. El mejor de estos cianoacrilatos, el terbutilcianoacrilato, es actualmente utilizado para este fin en algunos países de Europa y Asia.

Finalmente, los cianoacrilatos también podrían ser usados

como adhesivos dentales. Podrían ser usados para sellar picaduras menores, pegar quebraduras y fracturas, unir puentes, recubrir dientes y sellar picaduras mayores al ser mezclados con cargas. Esta parece ser una area con mayor futuro aun que los usos anteriores.

La investigación en este campo continúa tanto en centros de investigación civiles como militares, y aunque todavía no se ha logrado encontrar al adhesivo ideal para usos médicos, si se han logrado determinar los requisitos que éste debe cumplir: (1) mojar adecuadamente los tejidos y pegarlos, (2) polimerizar rápidamente en capas delgadas, (3) ser biodegradable sin la producción de productos tóxicos o que no sea eliminados por los procesos excretorios normales del cuerpo, (4) que sea incapaz de producir reacciones indeseables en los tejidos que interfirieran con la recuperación normal del organismo (Ref. 8, 49, 50).

f) ACTIVADORES SUPERFICIALES.

La modificación de superficies se utiliza para permitir una mejor adhesión de los adhesivos a éstas. Al usar adhesivos de cianoacrilatos, sus características no hacen necesario un uso generalizado de modificadores de superficies. No obstante, esta modificación se hace indispensable si : (1) las características de la superficie inhiben la polimerización del adhesivo o cuando los cianoacrilatos fueron estabilizados para una vida de anaquel más larga de aquella para la que son usados, y (2) el adhesivo no moja a las superficies a pegar, por lo que no se esparce adecuadamente en ella y no forma una unión adecuada. En estos casos se pueden utilizar activadores superficiales como el alcohol (entre otros), que aceleran la polimerización de los cianoacrilatos, y permiten el uso en superficies desactivantes (ácidas), como algunos metales y maderas, sin sacrificar la velocidad de pegado. Pero en las superficies poco polares como las poliolefinas y polifluorocarbones la solución es distinta. Estas

superficies no son mojadas adecuadamente por los cianoacrilatos, ni por la mayor parte de los adhesivos conocidos y por lo tanto, no pueden unirse con éstos. Para poder ser unidas hay que aplicarles un tratamiento superficial químico (ácidos o sosa) o un tratamiento mecánico (lijado), así se aumenta su rugosidad y se permite lograr la unión (Ref. 48, 51, 52).

g) USOS NO ADHESIVOS

Algunas de las aplicaciones no adhesivas de los cianoacrilatos son:

1.-Endurecedor de yeso para fracturas. Una patente (Ref. 30) hace referencia al uso para este fin de una mezcla de cianoacrilatos, PMMA, esferas de polipropileno, y estabilizadores.

2.-Revelado de huellas digitales. Las composiciones de cianoacrilatos con polimetilsiloxano muestran un alto grado de tixotropía a la vez que mantienen una alta presión de vapor. Al colocar este adhesivo en un recipiente abierto en espacios cerrados y pequeños, como el interior de un automóvil, el cianoacrilato se evapora y polimeriza, entre otras superficies, sobre huellas digitales recientes. El polímero formado revela y fija las huellas digitales (Ref. 53).

CAPITULO CUARTO

ESTUDIO DE MERCADO

GENERALIDADES

El presente capítulo tiene como fin el analizar las diversas variables económicas que explican el comportamiento del mercado así como la predicción de la evolución de la demanda y otras variables económicas.

El análisis de estas variables de mercado se enfocará exclusivamente a la República Mexicana, no obstante, de continuar la política de apertura comercial del gobierno de la República, el mercado externo podría volverse un factor clave dentro de este análisis, al incrementar tanto el mercado objetivo como el número de empresas competidoras.

Bajo cualquier escenario, debemos recordar que todo estudio de mercado que pretenda pronosticar eventos futuros en base a eventos pasados corre con el alto riesgo de que sucedan eventos que no hayan ocurrido anteriormente, haciendo de toda "predicción" una especulación. Esto toma radical importancia en países como México donde la excesiva concentración de poder en un grupo o persona permite que la voluntad del presidente en turno dicte las políticas fiscales, comerciales y de inversión de un sexenio a otro. Así, el riesgo que implica la inversión en escenarios económicos poco confiables, obliga al inversionista a preferir únicamente aquellos proyectos que brinden altos rendimientos en un corto plazo y con una baja inversión.

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

El producto en el cual se basa el presente estudio se destinará a la venta al consumidor final. Tiene las siguientes características:

Tiempo de adhesión: Al igual que los otros adhesivos del mercado, el adhesivo secará en segundos, obteniendo la resistencia máxima en un periodo de 24 hrs.

Fuerza de adhesión y adherentes: Como los otros adhesivos del mercado, el adhesivo estudiado presentará una fuerza de adhesión muy alta ya sea entre materiales similares o disímiles y con superficies lisas neutras o ácidas. No unirá materiales porosos, ni ácidos.

Estabilidad: El monómero presentará un tiempo de estabilidad largo que permitirá que el consumidor utilice todo el producto antes de que éste polimerice en el envase.

Resistencia a la humedad: El adhesivo también presentará una alta resistencia a la humedad que le permitirá ser usado tanto en interiores como en exteriores.

Resistencia al calor: El adhesivo presentará una resistencia elevada al calor que le permitirá ser usado en piezas expuestas al sol o a otras fuentes moderadas de calor, por periodos de tiempo continuos o intermitentes.

Descripción del envase: Tubo compresible de aluminio de 2g. Dosificador de polietileno de baja densidad de gotero con perforador integrado y base para mantener el tubo en posición vertical. El empaque también posee un exhibidor de cartón con una burbuja de PET (blister) y base para mantenerlo en posición vertical y perforación superior para exhibirlo en anaquel.

MERCADO CONSUMIDOR.

a. Mercado Nacional.

Dentro del mercado de adhesivos del país el consumo aparente de cianoacrilatos es bajo a comparación del de otros adhesivos, como se ve en la TABLA No. 3. Este bajo consumo se puede deber al bajo volumen de adhesivo requerido por aplicación, a su alto precio y a que todavía no hay un mercado totalmente desarrollado en México para este producto.

Probablemente este bajo consumo sea uno de los factores que han influido en la existencia de tan solo dos productores nacionales contra las cerca de sesenta empresas importadoras de cianoacrilatos en el país.

Producción Nacional.

Existe una total falta de información, en las fuentes de información de acceso al público en general (como en las secretarías de estado, cámaras industriales, asociaciones profesionales, estadísticas industriales, etc.), respecto al número de productores nacionales de cianoacrilatos y los volúmenes de ventas que manejan. Esto es comprensible debido a que esta información es confidencial y puede ser utilizada con facilidad por la competencia.

Tipo de Adhesivo	Consumo Nacional Aparente (1990) (toneladas)
Dextrinas	17,833
Cloroprenos	13,524
Urea-formaldehído	10,560
Acetatos de polivinilo	9,711
Termofusibles	3,395
Cianoacrilatos	350

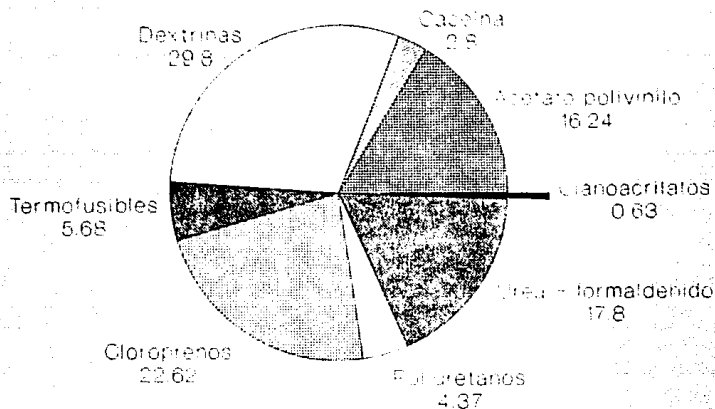
TABLA No. 3

**CONSUMO ANUAL ESTIMADO DE DISTINTOS TIPOS
DE ADHESIVOS EN MEXICO**

- FUENTES: (1) INEGI, "La Industria Química en México, 1986.
- (2) BANCOMEXT, "Estadísticas de Comercio Exterior".
- (3) Información telefónica proporcionada por Cyanomex SA de CV.

PRODUCCION NACIONAL DE ADHESIVOS

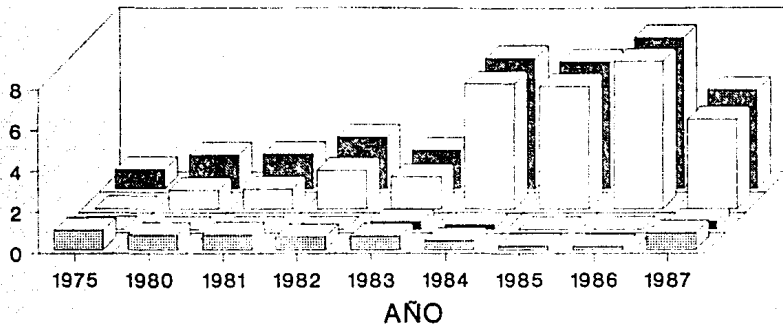
Estructura porcentual (1980-1985)



Fuente: La Industria Química en México
INEGI, 1986.

MERCADO DE ADHESIVOS EN MEXICO VOLUMEN

MILES DE TONELADAS



IMPORTACIONES

EXPORTACIONES

PRODUCCION NACIONAL

C.N.A.

Nota : C.N.A. = PROD. + IMP. - EXP
C.N.A. = Consumo Nal. Aparente

A la fecha sabemos, según datos proporcionados por Cyanomex SA de CV, que existen solamente dos productores nacionales de cianoacrilatos: Loctite de México SA de CV y Cyanomex SA de CV. Según la misma fuente, el consumo nacional de cianoacrilatos para venta al público en general es de 200 toneladas al año.

Importaciones.

Los volúmenes y valor de las importaciones en los últimos 10 años se muestran en la TABLA No. 4. Estas representan el 25% del Consumo Nacional Aparente.

Los países de donde se importan los cianoacrilatos son Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá, Japón, Italia y China.

De acuerdo al Código Exterior de Comercio de los Estados Unidos Mexicanos la fracción arancelaria asignada a las importaciones de cianoacrilatos es la 3506.912, en el Sistema Armonizado. En el sistema de Nomenclatura del Sistema de Cooperación Aduanera (SNSCA), vigente hasta 1987, se manejaban la fracciones 3902A0012 para producto al granel y la 3506A0003 para importación de cianoacrilatos en envases con un contenido menor a 50 g.

Consumo Nacional Aparente.

El Consumo Nacional Aparente (CNA) se puede calcular como:
 $CNA = Producción Nacional + Importaciones - Exportaciones.$
En el caso de cianoacrilatos para venta al público en general éste da 200 toneladas al año, en 1990, las cuales se componen aproximadamente de 150 toneladas de producto nacional y 50 toneladas al año de importaciones.

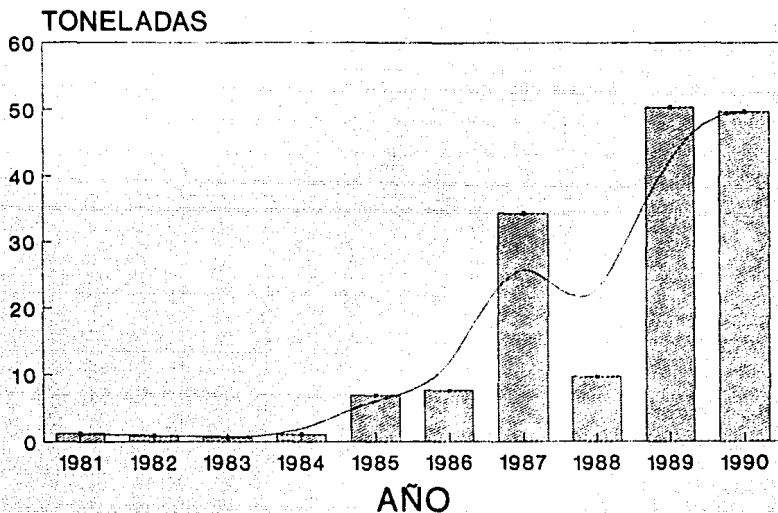
AÑO	I M P O R T A C I O N E S					
	AL GRANEL		ENVASES MENORES A 50g.		T O T A L	
	volumen	valor	volumen	valor	volumen	valor
1981	1.185	55.494	0.001	0.489	1.186	55.983
1982	0.598	42.122	0.244	2.904	0.842	45.026
1983	0.501	1.438	0.093	2.299	0.594	3.737
1984	0.523	6.371	0.490	1.050	1.031	7.421
1985	6.785	16.241	0.068	3.470	6.853	19.711
1986	6.774	108.343	0.820	6.124	7.595	114.467
1987	2.261	36.346	32.050	52.038	34.311	88.429
	TOTAL					
	volumen		valor			
1988	9.646		154.891		9.646	154.891
1989	50.352		766.188		50.352	766.188
1990	49.706		945.520		49.706	945.520

TABLA No. 4
IMPORTACIONES DE CIANOCRILATOS

Unidades: volumen [=] toneladas
valor [=] miles de dólares

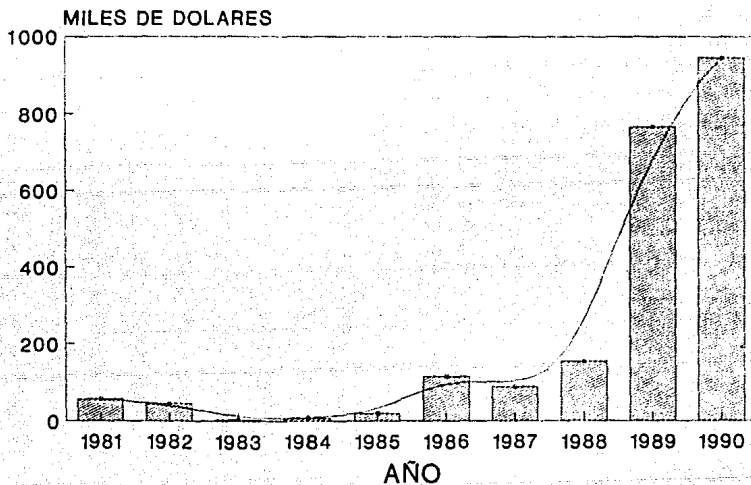
FUENTE: Instituto Mexicano de Comercio Exterior,
"Estadísticas de Comercio Exterior" (con datos de
SECOFI.)

MERCADO DE CIANOACRILATOS EN MEXICO IMPORTACIONES - VOLUMEN



Fuente: IMCE

MERCADO DE CIANOCRILATOS EN MEXICO IMPORTACIONES - VALOR



La motivación que induce a la compra es reparar el artículo para evitar tener que comprar un nuevo artículo.

Estos artículos generalmente están hechos de materiales rígidos o semirígidos, de superficie no ácida y poco porosos, como son algunos plásticos, cerámicas, metales, hules, vidrio, madera, piel y combinaciones de estos materiales.

MERCADO COMPETIDOR.

Composición del mercado.

El Grupo Cyanomex introdujo en el mercado mexicano el primer adhesivo en base a cianoacrilatos, bajo la marca "Krazy Kola Loka", en 1980, y recientemente introdujo "Krazy Kola Loka para madera y piel", que es una versión de alta viscosidad del mismo. Ambas marcas estuvieron apoyadas por una fuerte campaña publicitaria, que incluye publicidad por televisión; poseen el liderazgo del mercado.

También compiten en este mercado tres compañías fuertes con distintos productos, algunos de éstos con poco tiempo en el mercado.

- Threbond de México S.A. de C.V. con "Contact Todo" y Contac Todo 2000.
- Loctite de México S.A. de C.V. con "SuperGlue",
- Distribuidora de Pegamentos S.A. de C.V. con "Permabond".

Todas estas compañías venden su producto directamente a los distribuidores minoristas, a un precio que le permite al distribuidor minorista obtener un margen de ganancias muy alto (de 40 al 90 %).

Además de estos productos existen algunas marcas locales con poca presencia en el mercado, que muy probablemente sean maquiladas o importadas.

En base a un análisis de los distintos productos del mercado, se puede observar que aquellos productos que tienen envases perforables y quedan expuestos a la atmósfera una vez usados presentan problemas de estabilidad. En los últimos 2 años han aparecido productos que ofrecen al consumidor envases que permiten una mejor estabilidad, como tubos de aluminio y cilindros de polietileno con tapa de rosca. También han aparecido productos que ofrecen beneficios adicionales, como el uso en materiales porosos y la resistencia al agua.

Precio de venta del producto.

El precio de venta al consumidor de los distintos cianoacrilatos disponibles en el mercado nacional oscila entre los 1030 \$/g a los 1500 \$/g. Este rango de precios está en línea con los precios existentes en los Estados Unidos de América que van de 912 a 1600 \$/g (datos de 11/1990, tipo de cambio 2960 \$ = 1 USD).

Para los fines de este estudio, el precio de venta a distribuidores minoristas será de 750\$/g ó 1500\$/unidad. Este precio de venta está por debajo del precio de venta de los principales competidores de "Kola Loka" (mostrado en la TABLA No. 5), y ligeramente arriba de Kola Loka, pero con mejor calidad que este último.

Finalmente, se considerará que, a pesos constantes, el precio de venta del producto se mantendrá constante. Esto se debe a que, aparentemente, el precio de venta de los cianoacrilatos en México está en línea con el precio de venta a nivel internacional y a que no existen motivos para pronosticar una baja en el precio.

FABRICANTE Producto	PRECIO AL DISTRIBUIDOR MINORISTA (\$/g)	PRECIO AL PUBLICO (\$/g)	GANANCIA DISTRIBUIDOR MINORISTA (%)
CYANOMEX			
Kola Loka (regular)	625	1100	76%
Kola Loka (madera)	650	1210	86%
THREE BOND DE MEXICO			
Contac Todo	ND	1500	ND
Contac Todo 2000	ND	1850	ND
LOCTITE			
SuperGlue (2g)	973	1500	54%
SuperGlue (5g)	750	1030	37%
DISTRIBUIDORA DE PEGAMENTOS			
Permabond	992	1500	51%

TABLA No. 5

**PRECIOS DE DISTINTOS ADHESIVOS EN BASE A CIANOACRILATOS
DE VENTA AL CONSUMIDOR EN MEXICO**

Nota: ND = no disponible.

PRODUCTO INTERNO BRUTO

El Producto Interno Bruto (PIB) es el valor monetario de la suma total de bienes y servicios producidos y proporcionados en una nación durante un año (RA). En el presente trabajo los valores del PIB son mostrados a pesos constantes de 1980.

Los cambios en el monto del PIB son un reflejo directo de los cambios ocurridos en la economía. Los tres componentes del PIB son el consumo, la inversión y el gasto gubernamental. Por lo tanto, un crecimiento en el consumo e inversión, y un menor gasto gubernamental, deben repercutir en un crecimiento del PIB. En teoría, cuando el PIB presente un crecimiento mayor a el crecimiento de la población, deberíamos esperar una mejora en el nivel de vida de la población.

El PIB en México ha presentado fuertes fluctuaciones en los pasados dos sexenios que reflejan la crisis económica que el país ha sufrido. Sin embargo, el actual gobierno ha aplicado una serie de medidas que aparentemente han revertido a la economía en su cause ascendente. Durante los dos últimos años, el crecimiento en el PIB fue superior al crecimiento de la población, alentado principalmente por el crecimiento de la inversión, y por el aumento de las exportaciones no petroleras. Finalmente, los recientes resultados logrados por el gobierno en el saneamiento de la deuda pública son prometedores.

Sin embargo, a pesar de todos estos avances, la economía en general aún no ha llegado a un nivel de estabilidad, y por lo tanto, aún hay riesgo de caer en una situación económica como la vivida por el país en los dos sexenios pasados.

MERCADO EXTERNO

De todos los movimientos económicos, el que puede tener un mayor impacto en el proyecto es el Tratado de Libre Comercio (TLC) con EUA y Canadá.

El TLC implicaría:

1. Un aumento del número de empresas competidoras.
2. Un aumento en el tamaño del mercado objetivo.
3. Anularía las tarifas arancelarias por la importación de materias primas provenientes de EUA y Canadá.
4. Ligaría nuestra economía a la estadounidense, disminuyendo el impacto económico de los cambios de sexenios, pero aumentando el efecto en la economía mexicana de las recesiones estadounidenses.
5. Daría una mayor estabilidad y predictibilidad a la situación económica del país.

CANALES DE DISTRIBUCION.

Al igual que los cuatro principales fabricantes de cianoacrilatos para venta directa al consumidor, el canal de distribución que se propone en este estudio es productor-distribuidor minorista-consumidor.

Este canal de distribución permite maximizar el precio de venta del producto sin que esto repercuta necesariamente en el precio al consumidor. En México este canal es utilizado por las misceláneas y tiendas de autoservicio; y su efectividad depende de lograr entrar en contacto con el mayor número de minoristas que exhiban y vendan el

producto. Una ventaja adicional de este método es que hay un contacto más cercano con el consumidor, lo cual nos permite detectar y adaptarnos más fácil y rápidamente a los cambios en el mercado.

Sin embargo, el uso de este canal de distribución puede ser reevaluado ya sea en base a un estudio más detallado que pondere factores como cobertura del mercado, control sobre el producto y costo de distribución, o por medio del desempeño en el primer año del proyecto. Los canales de distribución alternativos que se podrían evaluar son:

(1) productor ----> distribuidor minorista ----> consumidor

(2) productor ----> distribuidor mayorista ---->

distribuidor ----> consumidor
minorista

(3) una combinación de los 2 canales de distribución anteriores, dependiendo de la zona del país.

PROYECCION DE LA DEMANDA.

Para calcular cuantitativamente la evolución futura de la demanda se realizó una regresión lineal multivariable que de acuerdo al comportamiento histórico considerado (1981-1990) nos da una idea de la proyección de la demanda en el período representativo analizado (1991-2001).

Las variables históricas que se tomaron en cuenta para obtener la ecuación de la tendencia histórica de la demanda fueron los años de proyección (tiempo), los datos históricos de consumo nacional de cianacrilatos y un factor de decisión. El factor elegido fue el Producto Interno Bruto (PIB).

Para la proyección del Consumo Nacional Aparente de cianoacrilatos, necesitamos seleccionar los valores del PIB. Para esto, se obtuvieron los valores estimados de dos fuentes: (1) el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 1989-1994, el cual se considera como un panorama optimista, y (2) los valores proyectados por el Centro de Estudios Económicos del Sector Privado, A.C. (CEESPAC), el cual se considera como un panorama pesimista.

Para fines del presente estudio consideraremos un tercer panorama, neutro, que considera un desarrollo en línea con el panorama optimista durante lo que queda del presente sexenio, una caída de un 50% del crecimiento del PIB en el primer año del cambio de sexenio y un crecimiento promedio entre los valores del crecimiento del PIB estimados por el PND y el CEESPAC durante el siguiente sexenio. Los tres panoramas son mostrados en la tabla No. 6.

AÑO	PANORAMA	PANORAMA	PANORAMA
	OPTIMISTA (Ref. 7)	NEUTRO	PESIMISTA (Ref.66)
1991	4.50	4.50	2.60
1992	5.00	5.00	2.65
1993	5.50	5.50	2.68
1994	5.50	5.50	2.70
1995	2.50	1.00	-0.5
1996	3.50	3.00	2.50
1997	4.12	3.43	2.75
1998	4.75	3.87	3.00
1999	5.37	4.26	3.15
2000	6.00	4.62	3.25
2001	3.00	2.31	-0.5

**ESPECTATIVAS DE CRECIMIENTO ANUAL DEL
PRODUCTO INTERNO BRUTO (%)**

TABLA No. 6

Realizando una regresión lineal multivariable de la forma:

$$CNA = Cte + a_1(\text{año}) + b_1(\text{PIB})$$

se obtiene la ecuación de proyección del Consumo Nacional Aparente:

$$CNA = - 46,307,945 + 23277.23(\text{año}) + 0.000238284(\text{PIB})$$

con un factor de correlación de $r^2=0.723$, y donde el PIB está en millones de pesos.

En base a esta ecuación, el CNA de cianoacrilatos proyectado se presenta a continuación:

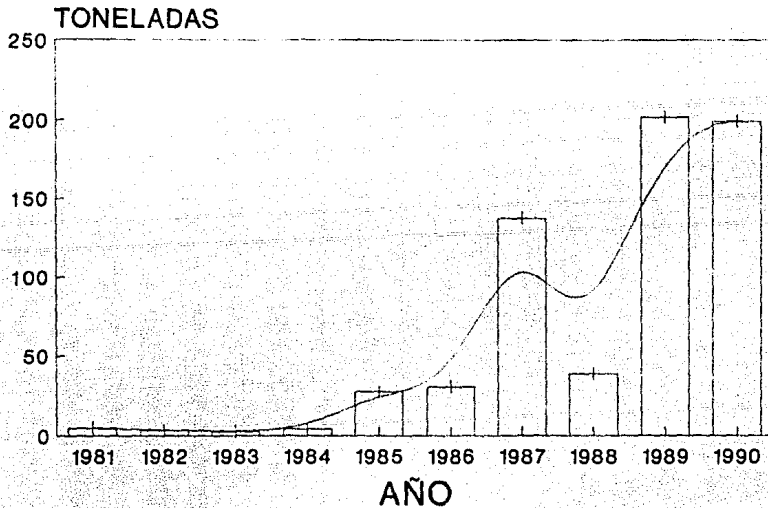
AÑO	CNA PROYECTADO (toneladas)	% INCREMENTO (vs. año anterior)
1992	225.6	12.9%
1993	258.0	14.6%
1994	290.8	12.7%
1995	315.9	8.6%
1996	344.8	9.1%
1997	374.7	8.6%
1998	405.6	8.2%
1999	437.6	7.8%
2000	470.8	7.5%
2001	499.3	6.0%

Para los fines de este estudio, se considera que el mercado objetivo para una empresa productora de cianoacrilatos puede alcanzar aproximadamente el 5% del consumo aparente proyectado en México a partir del año 5 de vida del proyecto, aunque esto no implica que las ventas del producto tengan que restringirse a la República Mexicana.

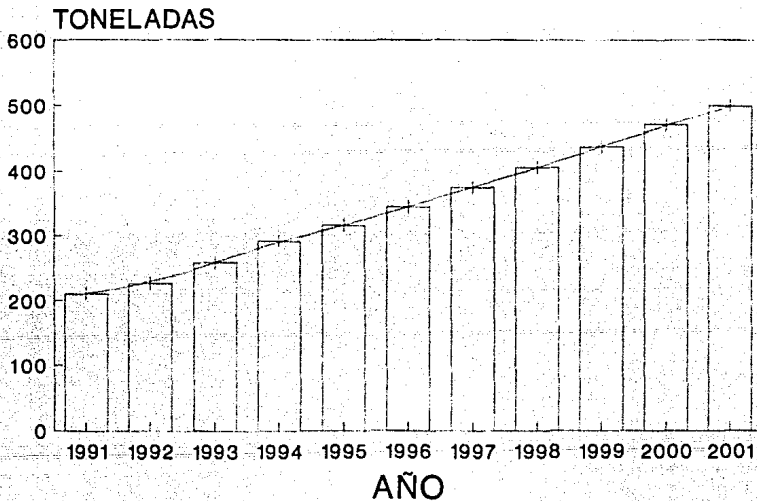
Pronóstico de ventas.

En la TABLA No. 7 se muestra un estimado del mercado objetivo que cubrirá la empresa en cuestión.

MERCADO DE CIANOACRILATOS EN MEXICO CONSUMO NACIONAL APARENTE - VOLUMEN



MERCADO DE CIANOACRILATOS EN MEXICO PROYECCION CNA - VOLUMEN



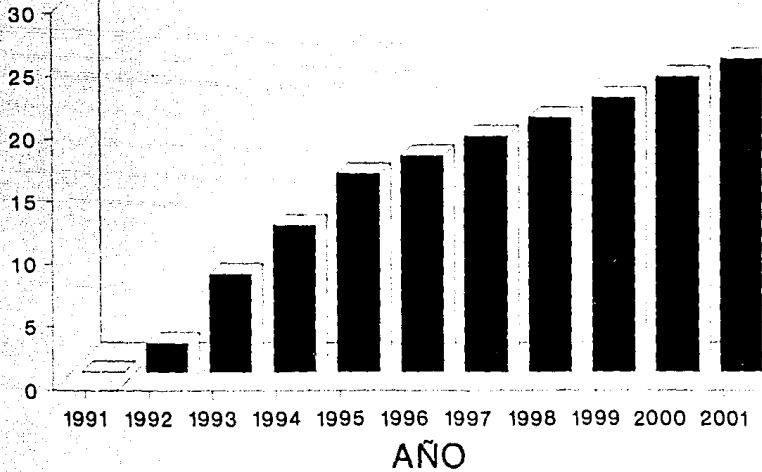
<u>NUMERO</u>	<u>AÑO</u>	<u>% DEL MERCADO</u>	<u>TONELADAS</u>
0	1991	0	0.000
1	1992	1	2.256
2	1993	3	7.740
3	1994	4	11.635
4	1995	5	15.790
5	1996	5	17.242
6	1997	5	18.783
7	1998	5	20.282
8	1999	5	21.884
9	2000	5	23.544
10	2001	5	24.967

TABLA No. 7

ESTIMADO DE VENTAS DE CIANOACRILATOS

ESTIMADO DE VENTAS

TONELADAS



CAPITULO QUINTO

ESTUDIO TECNICO

a). FORMULA Y ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO TERMINADO.

De acuerdo con la bibliografía referenciada, la fórmula descrita a continuación debe conferir al producto las características descritas en el capítulo 4.

Formula porcentual.

FUNCION

<u>COMPONENTE:</u>	<u>% w/w</u>	<u>Referencias</u>
<u>Monómero:</u>		
Etil cianoacrilato	94.9696	varias
<u>Estabilizadores:</u>		
Hidroquinona	0.0100	54, 55, 56
MeSO ₃ H	0.0100	56, 59, 60
<u>Resistencia al calor:</u>		
Fosfato de tricresilo	0.0104	9
<u>Resistencia al agua:</u>		
Maleato de dipropargilo	5.0000	62

Especificaciones del producto terminado

Tiempo de secado: 20 a 30 s.

Tiempo de resistencia máxima: 24 hrs.

Resistencia a la tensión después de 24 hrs: 210 kg/cm²

entre dos placas de acero al carbón (varía según los materiales pegados, para consultar otros materiales ver la Ref. 43).

Viscosidad: 2-4 cps.

Color: incoloro, transparente.

Olor: picante característico.

Resistencia al calor: El esfuerzo de ruptura a la tensión, la unión de dos placas de duraluminio disminuye en 54% después de 672 hrs a 120 °C. (Ref 61).

Resistencia a la humedad: El esfuerzo de ruptura a la tensión para la unión de dos placas de duraluminio disminuye un 32% después de haber estado 240 hrs. sumergido en agua (Ref. 62).

Vida de anaquel: 3 años (Ref. 62)

Vida mínima del producto (una vez abierto): 6 meses (Ref. 56, 59, 60).

b) SELECCION DEL PROCESO

En la literatura son pocos los procesos reportados que describen la fabricación de cianoacrilatos. Todos estos procesos incluyen las siguientes etapas:

1. Formación de policianoacrilatos. Se realiza a partir de formaldehído, el cianoacetato correspondiente, un catalizador básico y un solvente.
2. Depolimerización térmica del policianoacrilato. A través de distintos procesos (destilación por lotes y extrusión continua) se obtiene y se estabiliza el monómero del cianoacrilato deseado. Cuando la pureza del monómero no es la adecuada, se purifica el monómero por medio de redestilación.
3. Formulación final. Diversos aditivos son agregados al monómero para darle las propiedades finales deseadas según su uso específico.

A continuación revisaremos cada una de estas etapas:

1. Formación de policianoacrilatos. Los procesos descritos en la bibliografía sintetizan el policianoacrilato mediante la condensación de Knoevenagel entre paraformaldehído y el cianoacetato correspondiente.

El cianoacetato, el solvente y el catalizador se cargan en un reactor y se precalientan. Se añade poco a poco el paraformaldehído y se controla la temperatura mediante la velocidad de adición del paraformaldehído y agua de enfriamiento. Prácticamente se alcanzan rendimientos del 100% (con tiempos de proceso de hasta 12 hrs. para lotes de 1000 kg). La reacción genera agua, que debe ser removida.

1.1 Selección del solvente. El solvente además de facilitar la transferencia de calor y la homogenización de la mezcla de reacción, debe de:

(a) Ayudar a la eliminación del agua. Para remover el agua de la mezcla de reacción por medio de una destilación, es conveniente que el agua deje la mezcla de reacción al mismo tiempo o antes que el solvente, para garantizar una cantidad mínima de agua en el polímero. Así, el solvente debe de formar un azeótropo de punto mínimo de ebullición con el agua ó tener un punto de ebullición mayor al del agua. De estas dos opciones debe preferirse la del azeótropo para evitar altas temperaturas que pueden inducir la depolimerización antes de eliminar totalmente el agua y el solvente.

(b) Debe de ser inerte frente a los compuestos de la reacción: cianoacetato, paraformaldehído, el catalizador, el policianoacrilato y el agua.

(c) Debe de disolver al paraformaldehído, al cianoacetato y al catalizador.

(d) Debe ser seguro y de bajo costo (ó alto reciclaje).

En la Tabla No. 8 se muestran los diversos compuestos que forman azeótropos de punto mínimo de ebullición con el agua.

Como se ve en la Tabla No. 8, se eliminaron todos aquellos

solventes que tenían propiedades ácido / base. Esto se debe a que pueden interferir con el catalizador básico, ya sea neutralizándolo (ácidos) ó compitiendo con él (bases). De los dos solventes que restan, benceno y tolueno, se recomienda el uso del tolueno ya que es más seguro que el benceno, tiene un costo razonable y permite remover cantidades mayores de agua por unidad de solvente.

AZEOTROPO Agua...	% Mol de agua	Temperatura Inerte (°C)	(SI/NO)
Etanol	10.57	78.15	NO
Alcohol alílico	54.50	88.20	NO
Alcohol propiónico	94.70	99.98	NO
Alcohol n-propílico	56.83	87.72	NO
Alcohol isopropílico	31.46	80.37	NO
Metil etilcetona	33.00	73.45	NO
Acido isobutírico	94.50	99.30	NO
Acetato de etilo	24.00	70.40	NO
Eter etílico	5.00	34.15	NO
Alcohol n-butílico	75.00	92.25	NO
Alcohol isobutílico	67.14	89.92	NO
Alcohol secbutílico	66.00	88.50	NO
Alcohol terbutílico	35.41	79.91	NO
Alcohol isoamínico	82.79	95.51	NO
Alcohol teramínico	65.00	87.00	NO
Benceno	29.60	69.25	SI
Tolueno	55.60	84.10	SI

TABLA No. 8

**Selección del solvente para la formación
de policianoacrilatos**

FUENTE: Ref. 5.

1.2 Selección del catalizador. El catalizador utilizado debe cumplir con las siguientes características:

(a) Debe ser un compuesto básico, para catalizar la reacción por un mecanismo aniónico.

(b) Debe ser un líquido, para poder permanecer en todo momento en la mezcla de reacción.

(c) Debe ser miscible (o soluble) en tolueno (solvente) y agua (producto de reacción).

(d) Debe tener un punto de ebullición similar al del solvente, para que le permita ser removido durante la destilación. Sin embargo no debe ser mucho menor a éste ya que se perdería durante la reacción.

(e) Debe de reaccionar exclusivamente como base, esto es, no debe reaccionar con otros grupos o compuestos presentes.

La piperidina y el THF son compuestos viables para ser utilizados como catalizadores. Para el presente estudio se seleccionó a la piperidina como catalizador debido a que presenta un punto de ebullición más cercano a la temperatura de destilación de la mezcla azeotrópica, y es un material más seguro en base a su toxicidad e inflamabilidad.

2. Depolimerización térmica del policianoacrilato.

Existen dos alternativas de depolimerización térmica de los policianoacrilatos: por lotes (destilación) y continúa (a través del flujo forzado del polímero fundido por una zona de alta temperatura con posterior recolección del monómero). El principio de ambos métodos es llevar al polímero de cianoacrilato a un temperatura tal que se pueda remover el monómero (vapor) lo más rápido posible antes de que se descomponga, y condensarlo en presencia de estabilizantes (ácidos y receptores de radicales libres) que eviten su repolimerización.

2.1 Depolimerización por destilación. Esta es la alternativa que permite una operación más sencilla, confiable y flexible. En un tanque con un sistema de destilación se introduce la mezcla de reacción de la etapa anterior y se elimina el solvente y el agua generada. El monómero es recolectado entre los 160° y los 170°C. El residuo se elimina. El rendimiento es cercano a un 60%. Sin embargo, si no se aplica un estricto control de la temperatura, se hace necesario purificar el monómero por redestilación (Ref. 8).

2.2 Depolimerización por extrusión continua. De ambas opciones de depolimerización, esta opción permite obtener rendimientos un poco más altos que los obtenidos por destilación. Sin embargo, presenta desventajas en confiabilidad y flexibilidad. La información de este proceso es tan escasa que en los últimos 20 años sólo existen dos patentes referentes a él: una patente estadounidense de 1972, y una patente rumana de 1986. En general, el proceso consiste en alimentar una mezcla del polímero e inhibidores en un cilindro extrusor caliente, a través del cual se forza el flujo continuo del polímero. El polímero se funde y pasa a otro cilindro de mayor temperatura y en el cual una espiral giratoria cumple con tres funciones: (1) fuerza el paso del polímero a través del cilindro, (2) permite que los vapores del monómero formado desalojen el cilindro, y (3) deshecha los residuos en un tanque recolector. El vapor del monómero es condensado continuamente en tanques recolectores que se encuentran adelante del recolector de residuos.

En el diagrama se muestra el proceso descrito en la patente USP 3,751,445 (Ref. 21) de 1972. De acuerdo a esta patente, en la depolimerización del policianoacrilato se obtienen rendimientos de un 60% (contra 63% por destilación). La patente rumana R088656 (Ref. 20) de 1986

propone una modificación en la cual el paso de el cilindro extrusor (que funde el polímero) a la zona de depolimerización, no se realiza por gravedad, sino a través de una válvula que atomiza el polímero líquido. Según los autores, esta última modificación permite incrementar el rendimiento de la depolimerización a un 69.75%. Conviene hacer notar que en este proceso aun requerimos del uso de equipos de destilación para remover el azeótropo tolueno-agua y para purificar el monómero, por lo que la inversión en equipo debe ser mayor a la alternativa anterior.

2.3 Selección de un proceso de depolimerización. En la TABLA No. 9 se comparan los distintos factores tomados en cuenta para la selección del proceso. Como se puede observar, el desconocimiento de mayores detalles del proceso continuo representa el principal obstáculo para su uso, por lo que para el presente trabajo se evaluará la depolimerización por destilación. La diferencia en rendimientos y su complejidad no hacen que este proceso amerite una evaluación posterior.

3. Formulación final.

En esta etapa del proceso se agregan diversos aditivos al monómero para darle las propiedades finales deseadas para su uso específico. Entre los aditivos añadidos se incluyen inhibidores de polimerización (aniónica y de radicales libres), modificadores de viscosidad, colorantes, y diversos agentes para modificar algunas propiedades de los policianoacrilatos como la resistencia al impacto, al calor y a los solventes. Para lograr una disolución total y una mezcla homogénea no basta con una simple agitación, se requiere calentar la mezcla.

CONCEPTO	PESO ASIGNADO	DEPOLIMERIZACION POR DESTILACION		DEPOLIMERIZACION POR EXTRUSION	
		CALIFICACION		CALIFICACION	
		ABSOLUTA	PONDERADA	ABSOLUTA	PONDERADA
CONOCIMIENTO DE LA OPERACION	0.40	8	3.20	2	0.80
COSTO EQUIPO	0.15	9	1.35	7	1.05
COSTO OPERACION	0.15	8	1.20	8	1.20
RENDIMIENTO	0.15	7	1.05	8	1.35
TIEMPO DE PROCESO	0.15	8	1.20	8	1.20
TOTAL	1.00		8.00		5.60

TABLA No. 9

ALTERNATIVAS DE PROCESO

DIAGRAMA No. 1

PROCESO DE FABRICACION DE CIANOACRILATOS

ALTERNATIVA 1: DEPOLIMERIZACION POR DESTILACION

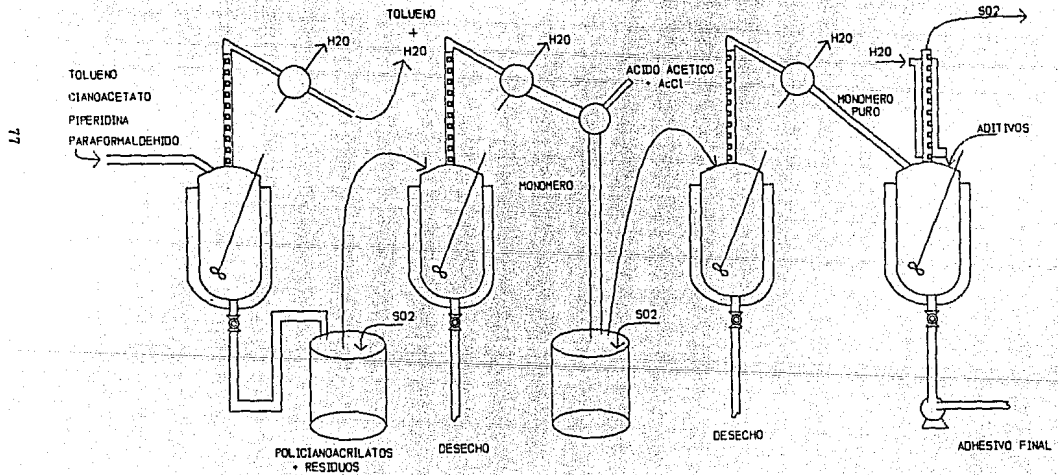
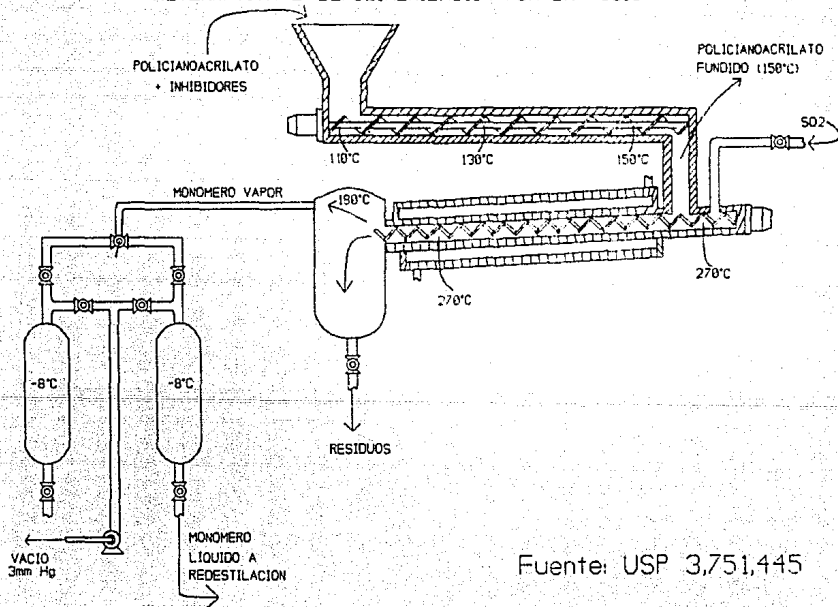
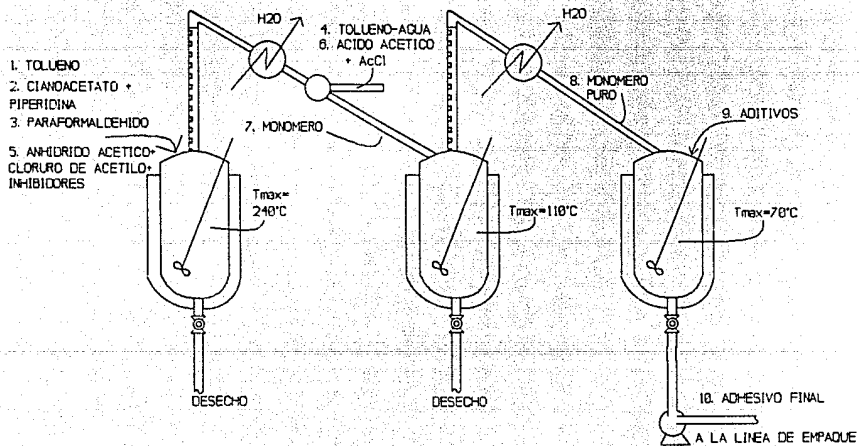


DIAGRAMA No. 2
PROCESO DE FABRICACION DE CIANOACRILATOS
ALTERNATIVA 2: DEPOLIMERIZACION POR EXTRUSION



Fuente: USP 3,751,445

DIAGRAMA No. 3
 PROCESO PROPUESTO PARA LA FABRICACION
 Y ENVASE DE ADHESIVOS DE CIANOACRILATOS



ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

b) DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso propuesto para la fabricación de cianoacrilatos se presenta en el Diagrama 3. Es un proceso por lotes que consta de 5 etapas:

- 1.- Reacción de condensación entre el cianoacetato y paraformaldehído.
- 2.- Despolimerización del policianoacrilato.
- 3.- Purificación del monómero por redistilación.
- 4.- Adición de aditivos para la formulación final.
- 5.- Envasado.

1. Reacción de condensación.

(a) Alimente con tolueno el reactor enchaquetado. (b) Vierta el cianoacetato y la piperidina en él. (c) Encienda el agitador y el reflujo e inyecte vapor a la chaqueta. (d) Agregue una porción de paraformaldehído. (e) Continúe calentando hasta que el tolueno empiece a reflujar. (f) Detenga la inyección de vapor. (g) Comience a circular agua de enfriamiento por la chaqueta. (h) Empiece a agregar pequeñas porciones de paraformaldehído y controle la tasa de reflujo por medio de la adición de éste, apague el agua de enfriamiento, encienda el vapor y (j) permita reflujar durante una hora adicional. (k) Tome una muestra de la mezcla de reacción. Si todo el paraformaldehído ha reaccionado, (l) elimine el tolueno y el agua por destilación azeotrópica al vacío (50 torr). No permita que la temperatura exceda de los 100°C. (m) Agregue anhídrido acético a la mezcla y agite. (n) Agregue cloruro de acetilo.

2. Despolimerización térmica de policianoacrilato.

(a) Caliente con agitación hasta que la temperatura alcance los 100°C; el ácido acético y el cloruro de acetilo destilan a partir de esta temperatura. (b) Encienda el vacío al máximo. (c) Continúe con el calentamiento hasta

que la mezcla alcance los 135°C. El anhídrido acético destilará entre los 100° y 130°C. (d) Agregue metafosfato de butilo (formado de la mezcla equimolar de fosfato de tributilo y pentóxido de fósforo. (e) Continúe calentando hasta los 140°C. (f) Transfiera el anhídrido acético a tambos para su reciclaje. (g) Coloque en el tanque de recepción ácido paratoluensulfónico e hidroquinona. (h) Continúe calentando (i) El monómero destila entre 160° y 170°C. (j) Elimine el residuo. (k) Enfríe el reactor y lávelo con solvente.

3. Purificación del monómero por redestilación.

El presente paso puede ser eliminado mediante un estricto control de temperatura. Por medio de una redestilación se puede obtener un monómero con 99% de pureza, apto para ser utilizado como adhesivo.

El proceso de redestilación es como sigue: (a) Agregue metafosfato de butilo al monómero crudo. (b) Conecte el vacío y caliente hasta llegar a los 50°C. (c) Inyecte dióxido de azufre. (d) Colecte el monómero que destile entre los 70° y 110°C. (e) Elimine el residuo. (f) Enfríe y limpie el reactor.

4. Adición de aditivos

Una vez que todo el monómero esté en el tanque de adición de aditivos, (a) tome una pequeña muestra y verifique la pureza del mismo. (b) Vierta en el tanque de mezclado: ácido paratoluensulfónico, polimetilmetacrilato e hidroquinona. (c) Encienda el agitador y homogenice por dos horas. (d) Suspnda la agitación y transfiera al tanque de almacenamiento.

5. Envasado

(a) Transfiera del tanque de almacenamiento a la línea de empaque el adhesivo final. (b) Tome una muestra representativa, y envíelas a control de calidad. (c) Envíe el producto terminado al almacén.

6. Limpieza del equipo. La limpieza del equipo se realiza con una solución del 0.1% de Bu3PO4 en acetona (ref. 27).

PREDIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

En el capítulo cuarto se ha establecido para 2001 una capacidad anual de la planta de 24.967 toneladas, por lo que la capacidad instalada será de 25 toneladas/año.

En base a los datos obtenidos de la bibliografía, podemos considerar los siguientes tiempos de proceso:

Reacción de condensación	9 hrs.
Depolimerización térmica	6 hrs.
Purificación por redestilación	5 hrs.
Adición e incorporación de aditivos	2 hrs.
Envasado (240,000 unidades/sem, 50 tubos/min)	30 hrs.

Si consideramos 2 turnos diarios, 260 días/semana, y 3 turnos por lote, debemos producir:

$$\frac{25000 \text{ kg adh}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{260 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{2 \text{ turnos}} \times \frac{3 \text{ turnos}}{\text{lote}} = 144.2 \text{ kg adh.} / \text{lote}$$

Para producir 144.2 kg de adhesivo final por lote, requerimos los siguientes tamaños de equipo:

1. Reactor de polimerización/depolimerización. En base a la fórmula mostrada en el capítulo cuarto, a las eficiencias de la depolimerización térmica y purificación, y permitiendo un 20% de espacio libre en el tanque, requerimos un reactor de:

$$\frac{144.2 \text{ kg adhesivo}}{\text{lote}} \times \frac{1.0531 \text{ kg monómero}}{\text{kg adhesivo}} \times \frac{1}{0.8996}$$

$$\times \frac{1}{0.6998} \times \frac{1.7 \text{ l mezcla}}{\text{kg polímero}} \times 1.2 = 369 \text{ litros}$$

Por lo anterior se recomienda la compra de un reactor de 100 galones de capacidad.

2. Tanques de purificación y adición del monómero con los mismos lineamientos que en el equipo anterior, en estos equipos requerimos una capacidad de 200 litros c/u.
3. Tanque de almacenamiento será diseñado para almacenar 500 litros (6 125 galones), o sea, 3.5 lotes de producto o el producto fabricado durante una semanas.
4. Máquina llenadora de tubos con una velocidad de 50 tubos/min.

BALANCE DE MATERIALES

a) Rendimientos

En base a los datos proporcionados en el Lee, (Ref. 8) los rendimientos esperados son:

ETAPA DE PROCESO	RENDIMIENTO (%)
Reacción de condensación	100.00
Despolimerización	69.98
Purificación por redestilación	89.96
Adición de aditivos	105.31
Envasado	100.00
Rendimiento global	62.2968 %

DIAGRAMA DE BLOQUES
REACCION DE CONDENSACION PARA FORMAR POLICIANOACRILATO

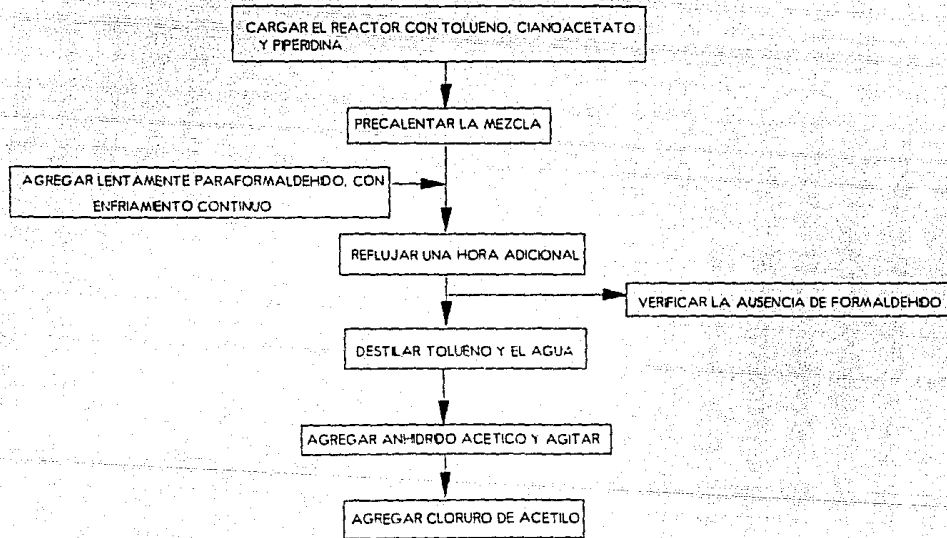


DIAGRAMA DE BLOQUES
DEPOLIMERIZACION TERMICA DEL POLICIANOACRILATO

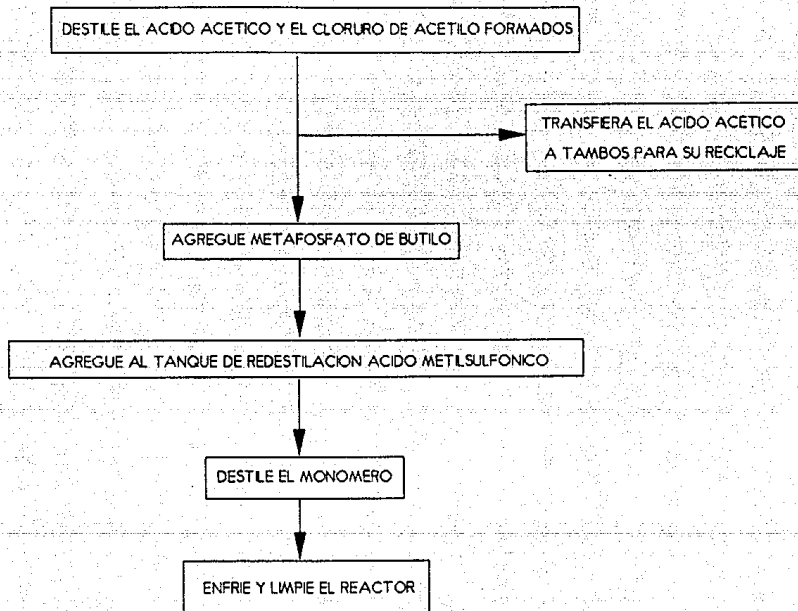
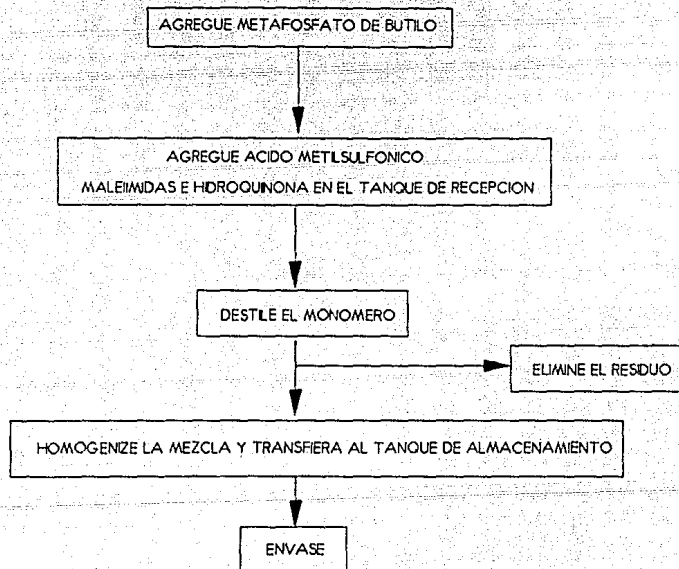


DIAGRAMA DE BLOQUES
REDESTILACION DEL MONOMERO Y ADICION DE ADITIVOS



b). Materias primas requeridas.

<u>MATERIA PRIMA</u>	<u>USO ESTIMADO</u>		
	<u>P O R</u> (kg)	<u>L O T E</u> (kmoles)	<u>ANUAL</u> (kg)
Cianoacetato de etilo	221.97	1.963	44,395
Paraformaldehído	56.57	1.888	11,314
Tolueno	78.578	0.8527	15,715
Piperidina	0.128	0.0013	26.17
Hidroquinona	1.442	0.0133	2,305
Anhídrido acético	19.96	0.1952	3,993
Cloruro de acetilo	11.802	0.1246	2,360
Fosfato de tributilo	5.105	0.01915	884.81
Pentóxido de fósforo	2.7182	0.01915	471.15
Acido metilsulfónico	1.553	0.9615	310.58
Maleato de dipropargilo	7.21	---	1,442.00
Fosfato de tricresilo	0.1503	---	30.171

EQUIPO REQUERIDO.

<u>ETAPA DE PROCESO</u>	<u>DESCRIPCION EQUIPO</u>	<u>No.</u>	<u>CAPACIDAD</u>
Polimerización y Depolimerización	Reactor sellado, vidriado, enchaquetado, con agitador.	1	100 gal.
	Condensador vidriado	1	2 m ² (area transfe- rencia)
	Bomba centrífuga de acero inoxidable	1	1 H.P.
Redestilación	Reactor sellado, vidriado, enchaquetado, con agitador.	1	50 gal.
	Condensador vidriado	1	1 m ² (area transfe- rencia)
	Bomba centrífuga de acero inoxidable	1	1 H.P.

EQUIPO REQUERIDO. (Continuación.)

<u>ETAPA DE PROCESO</u>	<u>DESCRIPCION EQUIPO</u>	<u>No.</u>	<u>CAPACIDAD</u>
Formulación final	Tanque vidriado, enchaquetado, con agitador.	1	50 gal.
	Tanque vidriado de almacenamiento	1	125 gal.
	Bomba centrífuga de acero inoxidable	1	1 H.P.
Envasado	Llenadora de tubos	1	Vel. 50 tubos/min

d) SERVICIOS REQUERIDOS. Los servicios requeridos son: vapor (para calentar los reactores y tanques); vacío (para mantener una presión adecuada en los reactores y tanques); y agua de enfriamiento.

LOCALIZACION DE LA PLANTA

En la selección de la localización de la planta es necesario tomar en cuenta distintos factores del orden económico, geográfico, institucional y social. No se pretende que un estudio de localización abarque todos estos factores desde un punto de vista cuantitativo. Al contrario, muchos de ellos merecen solo una consideración cualitativa racional de sus efectos futuros en el negocio y quedan al criterio personal del evaluador ó del inversionista. Estos factores son los siguientes:

(a) Factores económicos: son aquellos que se refieren a los costos de insumos y suministros de la localidad; tales como localización de mano de obra, materias primas, agua, energía eléctrica, combustibles, infraestructura disponible, terrenos, cercanía de los mercados y proveedores de materias primas; así como los incentivos fiscales para establecerse en la zona.

(b) Factores geográficos: Son los relacionados con las condiciones naturales de las distintas zonas del país, tales como las comunicaciones, clima, etc.

(c) Factores institucionales y sociales: son los relacionados con los planes y las estrategias de desarrollo de la región, así como el nivel de servicios sociales con que cuenta la comunidad, tales como escuelas, hospitales, centros sociales, de capacitación y recreativos, etc.

En el presente estudio, dado el tipo de producto, la sencillez del proceso, y el bajo volumen manejado, la planta ocupará una extensión pequeña. Incluyendo edificios auxiliares, almacén y planta, se estima que se necesitará un terreno con superficie de 1000 m². La planta deberá estar localizada en algún parque industrial que cuente con servicios de luz (120 y 220V), agua, drenaje, caminos de acceso pavimentado, acceso rápido al Distrito Federal y el resto del país. La existencia de un drenaje industrial, aunque deseable, no es indispensable, debido a que el tratamiento de los desechos generados puede ser realizado en las mismas instalaciones o contratarse a una empresa dedicada a ese fin.

Para los fines del presente proyecto se propone la ubicación de la planta en el parque industrial de San Juan del Río, Querétaro. Dicho parque industrial cuenta con los

servicios adecuados, y es de fácil acceso. Está ubicado a pocos kilómetros de la autopista México-Querétaro, a 35 km del aeropuerto de la ciudad de Querétaro, a 180 km de la Ciudad de México y cuenta con servicio de ferrocarril. De manera importante, este parque cuenta con lotes industriales pequeños, entre los cuales se podría encontrar el terreno requerido.

CAPITULO SEXTO

ANALISIS ECONOMICO.

Hasta el momento hemos definido un mercado potencial que estimamos podemos cubrir con una empresa productora de cianoacrilatos y hemos demostrado que no existe ningún impedimento técnico para llevar a cabo el proyecto. En el presente capítulo determinaremos: el monto de los recursos económicos necesarios para realizar el proyecto, el costo de fabricación del producto, y los indicadores que nos servirán para recomendar la puesta en práctica o no, del proyecto, así como su sensibilidad a cambios en la situación esperada.

Los datos que a continuación se presentan no consideran efectos inflacionarios, es decir, las cifras se muestran a pesos constantes de 1991.

INVERSION TOTAL PROYECTADA

En la TABLA No. 10 se muestra el costo de cada uno de los rubros de esta inversión, estos rubros fueron calculados de la siguiente manera:

a. Costo del terreno y acondicionamiento. Se considera una superficie de 1000 m^2 , a \$300,000 pesos/ m^2 .

Costo del terreno = 300,000,000 pesos.

b. Costo de la obra civil. Comprende la construcción de la planta y bodega sobre una superficie de 160 m^2 , con un costo aproximado de 800,000 pesos/ m^2 ; 140 m^2 de laboratorios y oficinas, con un costo aproximado de 1,200,000 pesos/ m^2 . El patio, cercas perimetrales, estacionamiento y caminos de acceso, ocupan una superficie de 520 m^2 con un costo aproximado de 200,000 pesos/ m^2 .

Costo de la obra civil = 436,000,000 pesos.

INVERSION EN ACTIVOS FIJOS

CONCEPTO	CANTIDAD	CAPACIDAD EQUIPOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1. TERRENO				\$300,000,000
2. VEHICULOS DE TRANSPORTE	25		\$40,000,000	1,000,000,000
3. EDIFICIO				436,000,000
EQUIPOS DE FABRICACION Y ENVASE:				
1. REACTOR VIDRIADO	1	100 GALONES	\$108,390,000	\$108,390,000
2. CONDENSADOR VIDRIADO	1	2 M2 DE ARE	40,080,000	40,080,000
3. BOMBA	3	1 H.P.	8,000,000	24,000,000
4. REACTOR VIDRIADO	2	50 GALONES	90,390,000	180,780,000
5. CONDENSADOR VIDRIADO	1	2 M2 DE ARE	27,960,000	27,960,000
6. TANQUE ALMACENAMIENTO VIDRIADO	1	125 GALONES	33,900,000	33,900,000
7. LLENADORA DE TUBOS DE ACERO INOXIDABLE	1	50 TUBOS/MIN	150,000,000	150,000,000
SUBTOTAL EQUIPOS DE FABRICACION Y EMPAQUE	\$565,110,000			
OTROS:				
1. TUBERIA				56,511,000
2. INSTRUMENTACION				61,694,384
3. INSTALACIONES ELECTRICAS				56,511,000
4. EQUIPOS CONTROLADORES DE CONTAMINACION				84,766,500
5. EQUIPOS DE SERVICIOS AUXILIARES				84,766,500
SUBTOTAL OTROS	\$344,249,384			
GASTOS DE INSTALACION				
1. INSTALACION DE EQUIPOS				56,511,000
2. INGENIERIA				141,277,500
SUBTOTAL GASTOS DE INSTALACION	\$197,788,500			
GASTOS OBTENCION/DESARROLLO TECNOLOGIA				\$56,511,000
CONTINGENCIAS				\$56,511,000
TOTAL DE INVERSION EN ACTIVOS FIJOS				\$2,956,169,884

TABLA No. 10
INVERSION EN ACTIVOS FIJOS

c. Costo del equipo. Este costo está integrado por el costo de los equipos necesarios para la puesta en marcha del proyecto. El monto total de la inversión en este rubro es de \$565,110,000 pesos. Los costos de estos equipos fueron obtenidos de cotizaciones directas de "Bezauri S.A. de C.V." (distribuidor exclusivo en Mexico de De Dietrich Inc.) y de "Tecnología de Fluidos S.A. de C.V."

d. Costo de instalación del equipo. Se considera como un 10% del costo del equipo (Ref. 8).

Costo de instalación del equipo = \$56,110,000 pesos.

e. Costo de tubería y aislamientos. Debido a la sencillez del equipo, y por recomendación del proveedor de equipos, se considera como un 10% del costo de los equipos.

Costo de tubería = \$56,110,000 pesos.

f. Costo de instrumentación y controles. Se calculó en base al costo referido en el Lee (Ref. 8), pasándose a pesos constantes de 1991 (suponiendo una inflación en los E.U.A. del 5% anual, y un tipo de cambio de 3000 pesos/dolar).

Costo de instrumentación = \$61,694,384 pesos.

g. Costo de instalaciones eléctricas. Se calculó como un 10% del costo del equipo (Ref. 8,10).

Costo de instalaciones eléctricas = \$56,110,000 pesos.

h. Costo de equipos para prevenir la contaminación ambiental. Debido al bajo volúmen de producto manejado, se considera como un 15% de costo del equipo.

Costo de los equipos controladores de contaminación = \$84,766,500 pesos.

i. Costo de los equipos de servicios auxiliares. Se calculó como un 15% del costo de los equipos. Este porcentaje coincide con el valor manejado en el Lee (Ref.8) el recomendado por los ingenieros de "Tecnología de

Fluidos S.A. de C.V."

Costo de los servicios auxiliares = \$84,766,500 pesos.

j. Costo de ingeniería. Los gastos se calculan como un 10% de costo del equipo (Ref. 3).

Costo de ingeniería = \$56,110,000 pesos.

k. Gastos de adquisición y desarrollo de tecnología. Se calcularán como un 10% del costo del equipo.

Gastos de adquisición y desarrollo de tecnología = \$56,510,000 pesos.

l. Adquisición de vehículos de transporte: Se estima que se requieren 25 camionetas para distribuir el producto. El costo de cada una se considerará como \$40,000,000.

Gastos de adquisición de vehículos de transporte: \$1,000,000,000.

COSTOS DE OPERACION. Los valores de cada uno de los rubros de los costos anuales de operación se pueden ver en la TABLA No. 11. La metodología de cálculo de cada uno de estos rubros se muestra a continuación.

a. Capital de trabajo. El capital de trabajo involucra todos los costos y gastos que se relacionan directamente con la operación de la planta. Incluye los inventarios de materias primas, producto en proceso y producto terminado, así como el dinero con que debe contar la empresa para realizar sus operaciones cotidianas. Para el cálculo del capital de trabajo, se supondrá que el costo cada uno de los rubros del capital de trabajo equivale a las siguientes equivalencias:

Inventario de materia prima = 30 días de materia prima.

Inventario de producto en proceso = 7 días de materia prima.

Inventario de producto terminado = 7 días de materia prima.

Efectivo en caja = 15 días de sueldos.

Cuentas por cobrar = 8 días de producto terminado.

Cuentas por pagar = 8 días de materia prima.

COSTOS Y GASTOS ANUALES DE OPERACION

AÑO	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
MATERIAS PRIMAS / EMPAQUE	181,635,990	623,166,030	936,761,856	1,271,290,907	1,388,194,922	1,512,264,541	1,632,952,639	1,761,933,515	1,895,584,111	2,010,153,266
MANO DE OBRA Y SUPERVISION	167,543,185	228,076,693	252,544,122	272,378,251	278,619,433	284,666,858	290,183,933	295,731,764	301,207,464	305,659,049
OPERACION	15,137,478	34,211,504	37,881,818	40,886,738	41,795,913	42,700,029	43,527,590	44,363,763	45,181,120	45,848,857
MANTENIMIENTO	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795
SUMINISTRO DE OPERACION	21,337,019	21,337,019	21,337,019	21,337,019	21,337,019	21,337,019	21,337,019	21,337,019	21,337,019	21,337,019
MAT. SERV. AUXILIARES	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795	142,246,795
LABORATORIO	16,714,319	22,807,669	25,254,412	27,257,825	27,863,943	28,466,886	29,018,393	29,575,176	30,130,746	30,563,905
REGISTROS Y PATENTES	31,584,000	109,360,000	162,890,000	221,000,000	241,198,000	262,962,000	283,948,000	306,376,000	329,616,000	349,538,000
COSTOS DIRECTOS DE OPERACION	728,529,582	1,322,452,517	1,721,162,618	2,138,904,330	2,283,712,823	2,436,890,723	2,585,461,163	2,743,829,830	2,907,540,051	3,047,595,647
COSTOS INDIRECTOS DE PLANTA	200,980,475	242,720,996	259,603,521	273,427,070	277,609,286	281,768,209	285,574,991	289,416,795	293,181,227	296,252,821
SEGUROS	28,449,359	28,449,359	28,449,359	28,449,359	28,449,359	28,449,359	28,449,359	28,449,359	28,449,359	28,449,359
PREDIAL	21,600,000	21,600,000	21,600,000	21,600,000	21,600,000	21,600,000	21,600,000	21,600,000	21,600,000	21,600,000
DEPRECIACION	502,739,421	502,739,421	498,501,096	473,071,146	443,519,800	423,519,800	423,519,800	423,519,800	423,519,800	423,519,800
COSTOS FIJOS	552,718,780	552,718,780	548,550,435	523,120,505	493,569,159	473,569,159	473,569,159	473,569,159	473,569,159	473,569,159
GASTOS ADMINISTRATIVOS	117,308,270	159,633,685	176,780,885	190,804,715	195,047,603	199,246,800	203,128,753	207,026,235	210,845,225	213,961,334
GASTOS DISTRIBUCION/MERCADEO	728,529,582	1,322,452,517	1,721,162,618	2,138,904,330	2,283,712,823	2,436,890,723	2,585,461,163	2,743,829,830	2,907,540,051	3,047,595,647
GASTOS DE INVERSION	94,752,000	325,090,000	488,670,000	663,180,000	724,164,000	788,886,000	851,344,000	919,128,000	988,848,000	1,048,614,000
CUNTINGENCIAS	29,141,183	52,896,100	68,846,505	85,356,173	91,348,513	97,475,629	103,418,447	109,753,193	116,301,602	121,903,827
TOTAL COSTOS/GASTOS OPERACION	2,452,029,833	3,978,046,575	4,994,776,602	6,013,897,184	6,349,164,207	6,414,747,243	6,788,437,679	7,186,553,043	7,597,823,315	7,949,492,517

TABLA No. 11
COSTOS ANUALES DE PRODUCCION

Como se observa, se mantiene un inventario alto de materia prima debido a que el bajo volumen de producción no amerita un intervalo menor entre embarques.

b. Costo de materias primas y material de empaque. El costo anual de materias primas y material de empaque por kilogramo de producto terminado (500 unidades) se muestra en la TABLA No. 12. Los precios de éstas fueron obtenidos del Chemical Marketing Reporter y de cotizaciones directas.

c. Gasto de mano de obra y supervisión. Cuando la planta opere a su máxima capacidad, se requerirán dos turnos de producción diarios. Para la operación de la planta, que tiene cuatro equipos, supondremos que bastan con un operador por equipo, un ayudante por operador y un supervisor por turno. Los sueldos con los cuales se calculará este costo se muestran a continuación:

Cédula de mano de obra y supervisión.
Capacidad máxima (dos turnos)

<u>Puesto</u>	<u>Cantidad</u>	Sueldo	
		<u>Mensual por plaza</u>	<u>Sueldo Total Anual (*)</u>
Operador	8	\$900,000	\$112,320,000
Ayudante	8	700,000	87,360,000
Supervisor	2	2,700,000	84,240,000
		Total	\$305,760,000

(*) Incluye 30% de prestaciones.

Para realizar el cálculo de la cédula de mano de obra bajo cédulas de producción menores, se utilizó la siguiente ecuación empírica (Ref. 3):

Costo de mano de obra a la Capacidad A = Costo de mano de obra a la capacidad B x (Relación de capacidades)^{0.25}

COSTO DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIAL DE EMPAQUE POR KG DE PRODUCTO			
MATERIAL	CANTIDAD (Kg mp/Kg pt)	COSTO UNITARIO (\$/kg mp)	COSTO FINAL (\$/Kg pt)
MATERIAS PRIMAS:			
Etil cianoacetato	1.53900	\$24,090	\$37,075
Paraformaldehido	0.39200	2,081	816
Tolueno	0.54500	670	365
Piperidina	0.00089	24,000	21
Hidroquinona	0.01000	19,500	195
Anhídrido acético	0.13840	3,270	453
Cloruro de acetilo	0.08200	11,233	921
Fosfato de tributilo	0.03540	11,828	419
Pentóxido de fósforo	0.01885	7,797	147
Acido metilsulfónico	0.01077	6,740	73
Maleato de dipropargilo	0.05000	19,096	955
Fosfato de tricresilo	0.00104	71,114	74
COSTO TOTAL MATERIAS PRIMAS (POR Kg)			\$41,512
MATERIAL DE EMPAQUE:			
Tubo y tapa	500	\$14	\$7,125
Cartón, blister y caja	500	64	31,875
COSTO TOTAL MATERIAL DE EMPAQUE (POR Kg P.T.)			\$39,000
COSTO TOTAL MATERIAS PRIMAS Y DE EMPAQUE (\$/Kg)			\$80,512

TABLA No. 12
COSTO DE MATERIA PRIMA Y MATERIAL DE EMPAQUE

d. Costo de operación. Se considera como un 15% del costo de mano de obra y supervisión.

e. Mantenimiento. El costo de mantenimiento puede variar dependiendo del tamaño y tipo de planta de un 2 a un 6% (Ref. 3). Para los fines de este estudio se considera un 4% de la inversión en capital fijo.

Costo de mantenimiento anual = \$86,246,795 pesos.

f. Suministro de operación. Son los materiales y refacciones necesarios para matener el sistema operando eficientemente, incluye el aceite, tablas, materiales de prueba, etc., que no pueden ser considerados como materia prima ni de mantenimiento. Su costo aproximado es del 15% del costo de mantenimiento (Ref. 3).

Costo de suministro de operación anual=\$12,937,019 pesos.

g. Gastos por materiales de servicios auxiliares. Su valor se toma igual al costo de mantenimiento (Ref. 11).

Costo anual de materiales de servicios auxiliares = \$86,246,795 pesos.

h. Gastos de laboratorio. Este gasto se considera entre el 10 y el 20% del costo de la mano de obra y de supervisión (Ref. 3). En este trabajo se tomará un 10%.

i. Gastos por regalías y patentes. Considerando que la tecnología de producción es muy vieja y forma parte de la cultura común, pero que el uso de ciertos aditivos en este producto está patentado, se debe pagar por el uso de ésta tecnología. Este gasto fluctúa entre el 0 y el 6% de los ingresos por ventas (Ref. 3). En este trabajo se tomará un 2%.

j. Gastos indirectos de planta. Son todos los gastos, distintos de los de operación, en los que incurre la planta

para poder operar eficientemente. Incluyen gastos médicos, de ingeniería, seguridad, cafetería y eventos de recreación, protección de la planta, distribución de utilidades, alumbrado, reclutamiento de personal, bodegas, etc. En una planta química típica, este gasto fluctúa entre el 50 y 70% de los gastos totales de mano de obra, supervisión y mantenimiento (Ref. 3).

k. Gastos de seguros. Se calcularán como el 0.8% de la inversión en capital fijo.

Costo anual de los seguros = \$17,249,359 pesos.

l. Gastos por predial. El pago por predial representa el 1.25% del costo del terreno (pago bimestral).

Costo anual de pago de predial = \$21,600,000 pesos.

m. Gastos por depreciación y amortización. Los términos "depreciación" y "amortización" tienen el mismo significado pero el primero se aplica al activo fijo y el segundo al activo diferido. Consisten en la distribución de las inversiones realizadas en el período de tiempo en el que el bien es utilizado. Este gasto permite recuperar, por medio de la vía fiscal, toda inversión realizada.

En base a los porcentajes autorizados en la Ley del Impuesto Sobre la Renta en los artículos 41 al 45 (Ref. 12), los gastos por la depreciación y amortización de la inversión fija se muestran en la TABLA No. 13.

n. Gastos administrativos. Estos involucran los gastos erogados por actividades administrativas que no pueden cargarse directamente a los gastos de producción. Incluyen sueldos de administradores, secretarías, contadores, etc., así como papelería, comunicaciones y otras actividades administrativas. Suelen calcularse como un 20 al 30% del

DEPRECIACION Y AMORTIZACION DE LA INVERSION EN ACTIVOS FIJOS

CONCEPTO	INVERSION % DEPN.		AÑO									
	INICIAL	ANUAL	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. TERRENO	\$30,000,000	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. VEHICULOS DE TRANSPORTE	1,000,000,000	20%	200,000,000	200,000,000	200,000,000	200,000,000	200,000,000	0	0	0	0	0
3. EDIFICIO	436,000,000	5%	21,800,000	21,800,000	21,800,000	21,800,000	21,800,000	21,800,000	21,800,000	21,800,000	21,800,000	21,800,000
EQUIPOS DE FABR. Y ENVASE:												
1. REACTOR VIDRIADO	\$106,330,000	10%	10,633,000	10,633,000	10,633,000	10,633,000	10,633,000	10,633,000	10,633,000	10,633,000	10,633,000	10,633,000
2. CONDENSADOR VIDRIADO	40,000,000	10%	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000	4,000,000
3. BOMBA	24,000,000	10%	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000
4. REACTOR VIDRIADO	180,780,000	10%	18,078,000	18,078,000	18,078,000	18,078,000	18,078,000	18,078,000	18,078,000	18,078,000	18,078,000	18,078,000
5. CONDENSADOR VIDRIADO	27,960,000	10%	2,796,000	2,796,000	2,796,000	2,796,000	2,796,000	2,796,000	2,796,000	2,796,000	2,796,000	2,796,000
6. TANQUE ALMACENAMIENTO	33,900,000	10%	3,390,000	3,390,000	3,390,000	3,390,000	3,390,000	3,390,000	3,390,000	3,390,000	3,390,000	3,390,000
7. LLENADORA DE TUBOS	150,000,000	10%	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000
OTROS												
1. TUBERIA	56,511,000	10%	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100
2. INSTRUMENTACION	61,694,384	25%	15,423,596	15,423,596	15,423,596	15,423,596	0	0	0	0	0	0
3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS	56,511,000	25%	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750	0	0	0	0	0	0
4. EQUIPOS VS CONTAMINACION	84,796,500	35%	29,668,275	29,668,275	25,429,950	0	0	0	0	0	0	0
5. EQUIPOS DE SERVICIOS AUX.	84,796,500	10%	8,479,650	8,479,650	8,479,650	8,479,650	8,479,650	8,479,650	8,479,650	8,479,650	8,479,650	8,479,650
GASTOS DE INSTALACION:												
1. INSTALACION DE EQUIPOS	56,511,000	10%	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100
2. INGENIERIA	141,277,500	10%	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750	14,127,750
GASTOS ORTEN./DESARR. TECNOL.	56,511,000	10%	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100
CONTINGENCIAS	56,511,000	10%	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100	5,651,100
TOTAL DEPR. Y AMORT. ANUAL	\$2,654,199,884		\$382,739,421	\$382,739,421	\$378,501,096	\$353,071,144	\$323,519,800	\$323,519,800	\$323,519,800	\$323,519,800	\$323,519,800	\$323,519,800

TABLA No. 13

DEPRECIACION Y AMORTIZACION DE LA INVERSION

PRONOSTICO DE VENTAS / INGRESOS		
AÑO	VOLUMEN DE VENTAS (Kg.)	INGRESOS POR VENTAS (\$)
1992	2,256	\$1,579,200,000
1993	7,740	\$5,418,000,000
1994	11,635	\$8,144,500,000
1995	15,790	\$11,053,000,000
1996	17,242	\$12,069,400,000
1997	18,783	\$13,148,100,000
1998	20,282	\$14,197,400,000
1999	21,884	\$15,318,800,000
2000	23,544	\$16,480,800,000
2001	24,967	\$17,476,900,000

Tabla No. 14

PRONOSTICO DE VENTAS / INGRESOS

Nota: precio de venta utilizado = 1400 \$/g.

gasto en mano de obra y supervisión (Ref. 3). Para los fines de este estudio, debido a la poca mano de obra utilizada, se considerarán como un 70% de los gastos en mano de obra y supervisión.

o. Gastos de distribución y mercadotecnia. Dependiendo del tipo del producto estos gastos pueden variar fuertemente. Incluyen todos los gastos erogados por oficinas de ventas, representación, planeación, transportes etc. Suelen representar de un 2 a un 20% del costo anual del operación (Ref. 3). Para los fines de este estudio, y debido al tipo de producto, se considerarán como un 100% del costo anual de operación.

p. Gastos de investigación y desarrollo. En la industria se crean continuamente productos y métodos nuevos. Los gastos en este rubro incluyen los salarios del personal, maquinaria, equipos, materias primas, etc. relacionados con esta area. Típicamente representan de un 2 a un 6% de los ingresos por ventas (Ref. 3). Para los fines de este estudio se tomarán como un 6% de los ingresos por ventas.

q. Contingencias. Finalmente se considerará un gasto para cubrir contingencias de un 4% del costo anual de operación.

Una vez definidos los conceptos antes mencionados se puede calcular el costo anual de producción del producto (gastos de operación), así como un estudio financiero completo que incluye el balance general y estado de resultados proforma, mostrados a continuación.

COMPAÑIA X, S.A. de C.V.

BALANCE GENERAL PRO-FORMA (Pesos Ctes. de Dic. 1990)

ACTIVO	AÑO									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
CIRCULANTE:										
EFECTIVO EN CAJA Y BANCOS	12,565,479	12,565,479	12,565,479	12,565,479	12,565,479	12,565,479	12,565,479	12,565,479	12,565,479	12,565,479
INVERSIONES EN VALORES	0	0	483,925,816	3,173,352,677	6,246,296,177	9,748,166,811	13,611,116,111	17,659,300,007	22,507,958,669	27,721,371,159
OTRAS CUENTAS Y DOC. POR COBRAR	3,981,063	13,618,434	20,331,767	27,863,910	30,426,190	33,145,524	35,790,743	38,617,721	41,547,049	44,058,154
INVENTARIOS	22,650,589	77,710,706	116,817,198	158,534,604	173,117,344	188,584,222	202,634,414	219,718,741	236,383,398	250,672,537
MATERIA PRIMA	14,928,985	51,219,126	76,994,125	104,488,664	114,098,213	124,295,716	134,213,285	144,816,453	155,801,434	166,218,077
PRODUCTO EN PROCESO	3,483,430	11,931,129	17,965,296	24,300,921	26,622,616	29,002,334	31,316,900	33,790,500	36,353,668	38,500,685
PRODUCTO TERMINADO	4,238,173	14,540,541	21,857,777	29,663,454	32,391,215	35,286,173	38,102,228	41,111,782	44,230,296	46,933,576
SUMA EL ACTIVO CIRCULANTE	63,036,018	209,032,549	633,840,260	3,372,316,106	6,462,393,190	9,987,462,037	13,861,106,747	18,130,202,008	22,798,456,393	28,028,667,329
TERRENO	300,000,000	300,000,000	300,000,000	300,000,000	300,000,000	300,000,000	300,000,000	300,000,000	300,000,000	300,000,000
EDIFICIO	436,000,000	436,000,000	436,000,000	436,000,000	436,000,000	436,000,000	436,000,000	436,000,000	436,000,000	436,000,000
MAQUINARIA Y EQUIPO	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000	1,565,110,000
INMUEBLES Y OTROS ACTIVOS	344,249,384	344,249,384	344,249,384	344,249,384	344,249,384	344,249,384	344,249,384	344,249,384	344,249,384	344,249,384
MENOS DEPRECIACION ACUMULADA	371,437,221	742,874,442	1,110,073,338	1,451,841,284	1,764,059,684	1,876,277,484	1,988,495,084	2,100,712,684	2,212,931,284	2,343,147,884
SUMA EQUIPO Y OTRAS PROPIEDADES	2,273,922,163	1,902,484,942	1,535,286,046	1,193,517,100	881,299,500	769,081,000	656,868,300	544,646,700	432,429,100	102,211,500
GASTOS POR AMORTIZAR Y OTROS	310,810,500	310,810,500	310,810,500	310,810,500	310,810,500	310,810,500	310,810,500	310,810,500	310,810,500	310,810,500
MENOS AMORTIZACION ACUMULADA	11,302,200	22,604,400	33,906,600	45,208,800	56,511,000	67,813,200	79,115,400	90,417,600	101,719,800	113,022,000
	299,508,300	288,206,100	276,903,900	265,601,700	254,299,500	242,997,300	231,695,100	220,392,900	209,090,700	197,788,500
TOTAL ACTIVO	1,767,319,463	1,681,658,493	2,446,030,206	4,811,434,906	7,507,989,190	10,994,543,237	14,751,666,147	18,893,241,808	23,439,976,393	28,318,667,329

COMPAÑIA X, S.A. de C.V.

BALANCE GENERAL PRO-FORMA (Pesos Ctes. de Dic. 1990)

PASIVO	AÑO									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
A CORTO PLAZO										
PROVEEDORES	3,981,063	13,658,434	20,531,767	27,861,910	30,426,190	33,145,524	35,790,743	38,617,721	41,547,049	44,058,154
OTRAS CUENTAS POR PAGAR										
IMPUESTO Y CUOTAS POR PAGAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMA PASIVO A CORTO PLAZO	3,981,063	13,658,434	20,531,767	27,863,910	30,426,190	33,145,524	35,790,743	38,617,721	41,547,049	44,058,154
CAPITAL CONTABLE										
CAPITAL SOCIAL	2,936,169,884	1,820,000,000	1,820,000,000	1,820,000,000	1,820,000,000	1,820,000,000	1,820,000,000	1,820,000,000	1,820,000,000	1,820,000,000
UTILIDADES ACUMULADAS	0	(1,192,831,484)	(751,999,941)	603,498,439	2,983,570,996	5,747,563,000	9,141,393,712	12,895,873,404	17,056,633,887	21,378,429,346
RESULTADO DEL EJERCICIO	(1,192,831,484)	440,831,543	1,337,698,380	2,378,072,536	2,763,962,004	3,393,832,713	3,754,479,691	4,160,748,484	4,541,805,459	4,866,179,829
TOTAL CAPITAL CONTABLE	1,743,338,400	1,068,000,059	2,415,698,439	4,803,570,936	7,567,563,000	10,961,395,712	14,715,873,404	18,656,623,887	23,398,429,346	28,244,609,176
TOTAL PASIVO Y CAPITAL CONTABLE	1,747,319,463	1,081,658,493	2,446,030,206	4,831,434,906	7,597,989,190	10,994,541,237	14,751,666,147	18,895,241,608	23,439,976,395	28,328,667,329
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA No. 15
BALANCE GENERAL PRO-FORMA

COMPañA X, S.A. de C.V.
ESTADO DE RESULTADOS PRO-FORMA

AÑO

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
VENTAS TOTALES	1,692,000,000	5,805,000,000	8,726,250,000	11,842,900,000	12,931,900,000	14,087,250,000	15,211,900,000	16,413,000,000	17,658,000,000	18,725,250,000
DESCUENTOS Y DEVOUCIONES	101,570,000	348,900,000	523,575,000	710,350,000	775,890,000	845,235,000	912,690,000	984,780,000	1,059,480,000	1,123,515,000
VENTAS NETAS	1,590,430,000	5,456,700,000	8,202,675,000	11,131,950,000	12,155,610,000	13,242,015,000	14,298,810,000	15,428,220,000	16,598,520,000	17,601,735,000
COSTO DE VENTAS	181,635,990	623,166,030	936,761,856	1,271,290,007	1,388,194,922	1,512,264,541	1,632,952,639	1,761,933,515	1,895,584,111	2,010,153,796
UTILIDAD (PERDIDA) BRUTA	1,408,844,010	4,833,533,970	7,265,913,144	9,860,659,093	10,767,415,078	11,729,750,459	12,665,857,361	13,666,286,485	14,702,935,889	15,591,581,734
COSTOS Y GASTOS DE OPERACION	2,216,936,073	3,772,592,175	4,798,933,002	5,849,014,784	6,191,599,887	6,384,949,563	6,766,214,959	7,172,184,403	7,592,023,075	7,940,862,197
DEPRECIACION	382,739,421	382,739,421	378,501,096	353,071,146	323,519,800	123,519,800	123,519,800	123,519,800	123,519,800	123,519,800
UTILIDAD (PERDIDA) DE LA OPERACION	(1,192,831,484)	678,207,374	2,088,459,046	3,658,573,163	4,252,295,391	5,221,281,096	5,776,122,602	6,370,382,282	6,987,393,014	7,517,199,737
UTILIDAD (PERDIDA) ANTES DE IMPUESTOS	(1,192,831,484)	678,207,374	2,088,459,046	3,658,573,163	4,252,295,391	5,221,281,096	5,776,122,602	6,370,382,282	6,987,393,014	7,517,199,737
IMPUESTO SOBRE LA RENTA AL 35%	0	237,370,831	730,960,960	1,290,900,007	1,488,303,387	1,827,448,384	2,021,642,911	2,229,633,799	2,445,587,555	2,631,019,908
UTILIDAD (PERDIDA) NETA DEL EJERCICIO	(1,192,831,484)	440,836,543	1,357,498,086	2,378,072,556	2,763,992,004	3,393,832,712	3,754,479,691	4,140,748,484	4,541,805,459	4,886,179,829

TABLA No. 16
ESTADO DE RESULTADOS PRO-FORMA

EVALUACION DEL PROYECTO

El inversionista, para decidir si invierte o no en el proyecto, debe de contar con diversos criterios de evaluación que le permitan comparar los beneficios potenciales asociados a cada opción de inversión.

La evaluación del proyecto puede servir para alguno de los siguientes tres objetivos: (1) realizar una decisión de aceptación o rechazo del proyecto, (2) fijar prioridades a la ejecución de los proyectos en función a su rentabilidad, y (3) replantear los objetivos del proyecto para buscar una alternativa más rentable.

En este estudio, se realiza el análisis sin tomar en cuenta el riesgo de la inversión. No debemos de olvidar que todo estudio que proyecte una situación a futuro lleva asociada una incertidumbre. Esta incertidumbre se debe a que ciertas suposiciones realizadas pueden o no cumplirse. Cada proyecto tiene asociado un cierto grado de riesgo que debe compensarse con una determinada rentabilidad del proyecto. A mayores riesgos se deben esperar mayores utilidades. Aunque es un factor importante para la toma de decisiones, el análisis del riesgo sale fuera de los objetivos de este estudio.

Las técnicas de medición de rentabilidad que se utilizarán para la evaluación de este proyecto son: la tasa interna de retorno y el valor presente neto.

Valor presente neto.

El Valor Presente Neto (VPN) es la herramienta matemática que se más se utiliza como criterio de evaluación de proyectos. Esto se debe a su confiabilidad, y porque proporciona una medida concreta de la contribución del proyecto al valor de la empresa.

Según G. Baca Urbina (Ref. 2), el Valor Presente Neto (VPN) "es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión original". En otras palabras, si se transportan todos los flujos netos de efectivo (ganancias y perdidas) al tiempo presente (flujos descontados), y se suman, obtenemos el VPN. Si el

efectivo (ganancias y perdidas) al tiempo presente (flujos descontados), y se suman, obtenemos el VPN. Si el VPN es mayor a cero, las ganancias son mayores que los desembolsos. Por el contrario, un VPN negativo indica que hubo más perdidas que ganancias en el proyecto. Pero hay que tener cuidado, un VPN igual a cero no indica que el proyecto no aporte utilidad alguna. Al contrario, un VPN igual a cero indica que el proyecto proporciona una utilidad igual a la mejor inversión alternativa. Si se acepta un proyecto con un VPN igual a cero, se están recuperando todos los desembolsos más la ganancia mínima exigida por inversionista, implícita en la tasa de descuento utilizada.

El criterio generalizado de aceptación del VPN indica que el proyecto puede aceptarse si el VPN es igual o superior a cero. La tasa de descuento se fija arbitrariamente por el evaluador del proyecto, y responde a la ganancia mínima requerida por el inversionista para realizar el proyecto (Ref. 1, 2).

El VPN se calcula como:

$$VPN = FNE_j \times \frac{1}{(1+i)^j}$$

En este estudio debido a que se realiza a pesos constantes, el VPN se calculará a una tasa de descuento de un 6% (Ref. 2).

Tasa interna de retorno. La Tasa Interna de Retorno (TIR), es la tasa de descuento que hace al VPN del proyecto igual a cero. En otras palabras, representa la tasa de interés más alta que el inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e intereses) se fueran pagando con las entradas de efectivo de la inversión a medida que éstas se fuesen produciendo (Ref. 1,2).

La TIR se calcula como:

$$VPN = \sum FNE_j \times \frac{1}{(1+TIR)^j} - I_0 = 0$$

Los flujos netos de efectivo del presente proyecto se muestran en la TABLA No. 16.

Realizando los cálculos respectivos se obtiene:

$$VPN = \$ 9,288,481,615 \text{ pesos}$$

$$TIR = 42.60 \%$$

Por lo cual se concluye que es un proyecto muy rentable.

ESTUDIO DE SENSIBILIDAD

El presente estudio tiene por objetivo el determinar en cuanto se alteran (o que tan sensibles son) los criterios de aceptación (VPN y TIR) ante cambios en determinadas variables del proyecto. Adicionalmente, se estima la sensibilidad de los parámetros de evaluación a los siguientes parámetros: (1) precio de venta del producto, (2) precio de materias primas y material de empaque, (3) inversión en activo fijo, y (4) volumen esperado de ventas.

Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en las Tablas Nos. 17 a 18 y en las gráficas de éstas.

Como puede observarse en éstas tablas, el proyecto es tan rentable, que no obstante ocurran cambios drásticos en las variables analizadas, el proyecto continúa siendo atractivo.

SENSIBILIDAD AL PRECIO DE VENTA

PRECIO (\$/g)	VARIACION (%)	TIR (%)	V.P.N.
1,000	33%	66.86%	19,202,974,764
900	20%	57.65%	15,237,177,504
800	7%	47.83%	11,271,380,245
750	0%	42.60%	9,288,481,615
625	-17%	27.90%	4,297,921,399
600	-20%	24.42%	3,266,018,181
500	-33%	7.85%	(940,015,955)
350	-53%	-60.05%	(8,686,294,137)

SENSIBILIDAD AL PRECIO DE MATERIAS PRIMAS Y DE EMPAQUE

PRECIO (\$/Kg)	VARIACION (%)	TIR (%)	V.P.N.
160,304	100%	-1.52%	(2,790,826,149)
120,228	50%	25.01%	3,438,222,138
96,182	20%	36.14%	6,975,184,464
88,167	10%	39.43%	8,131,833,040
80,152	0%	42.60%	9,288,481,615
72,137	-10%	45.68%	10,445,130,191
64,122	-20%	48.68%	11,601,778,766
40,076	-50%	57.25%	15,071,724,492

TABLA No. 17
ESTUDIO DE SENSIBILIDAD

SENSIBILIDAD AL VOLUMEN DE VENTAS

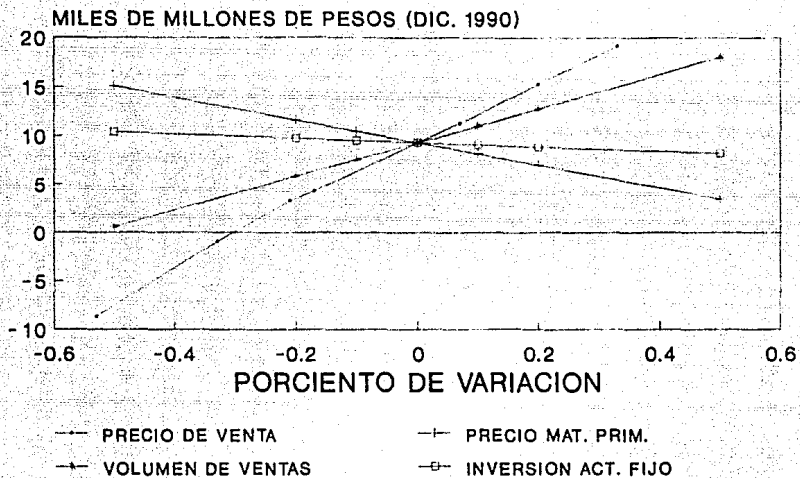
VOLUMEN AÑO I (\$/Kg)	VARIACION ANUAL (%)	TIR (%)	V.P.N.
3,384	50%	63.67%	18,004,951,714
2,707	20%	51.44%	12,761,251,866
2,482	10%	47.11%	11,022,090,472
2,256	0%	42.60%	9,288,481,615
2,030	-10%	37.89%	7,561,437,736
1,805	-20%	32.91%	5,842,295,564
1,128	-50%	14.51%	588,557,007
790	-65%	1.63%	(2,122,636,155)

SENSIBILIDAD A LA INVERSION EN ACTIVO FIJO

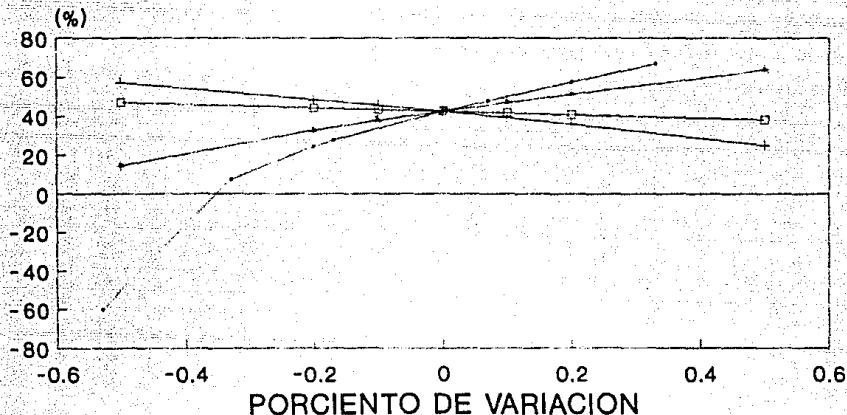
I.A.F.	VARIACION ANUAL (%)	TIR (%)	V.P.N.
12,937,019,304	500%	5.63%	(2,433,705,741)
10,780,849,420	400%	12.10%	37,430,648
4,312,339,768	100%	34.33%	7,106,515,541
3,234,254,826	50%	38.36%	8,197,498,578
2,587,403,861	20%	40.88%	8,852,088,400
2,371,786,872	10%	41.74%	9,070,285,008
2,156,169,884	0%	42.60%	9,288,481,615
1,940,552,896	-10%	43.48%	9,506,678,223
1,724,935,907	-20%	44.36%	9,724,874,830
1,078,084,942	-50%	47.08%	10,379,464,652

TABLA No. 18
ESTUDIO DE SENSIBILIDAD

ESTUDIO DE SENSIBILIDAD VALOR PRESENTE NETO



ESTUDIO DE SENSIBILIDAD TASA INTERNA DE RETORNO



— PRECIO DE VENTA
— VOLUMEN DE VENTAS

— PRECIO MAT. PRIM.
— INVERSION ACT. FIJO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La fabricación de adhesivos en base a cianoacrilatos para venta directa al consumidor es una actividad muy rentable debido al alto precio de venta de los mismos. El valor presente neto de la inversión es de \$ 9,288 millones de pesos, 3.14 veces mayor que la inversión original. La tasa interna de retorno es de un 42.60%. El punto de equilibrio de la inversión se alcanza a los 2 años.

2. El proyecto propuesto es factible tanto desde el punto de vista técnico como económico.
 - . En los últimos diez años ha habido pocos avances tecnológicos en la fabricación de cianoacrilatos.

 - . Los avances realizados son en el área de usos de aditivos para sobreponer las limitaciones de los mismos.

 - . Los cianoacrilatos son tan reactivos que polimerizan inmediatamente después de fabricarlos. Para formar el monómero se debe depolimerizar térmicamente el polímero. Existen dos procesos para la depolimerización del monómero de cianoacrilatos: por destilación y por extrusión. El proceso recomendado para la elaboración de adhesivos en base a cianoacrilatos es a través de la depolimerización térmica por destilación.

 - . El único desarrollo reciente en el área de proceso de fabricación es la depolimerización por medio de un cilindro extrusor. Este proceso no amerita una evaluación posterior por ser un proceso complicado del cual se conoce poco. El uso de este proceso haría riesgosa la inversión en el proyecto, debido al escaso conocimiento del proceso y a las muchas variables que lo afectan. Finalmente, las ventajas que ofrece no son significativas.

cual se conoce poco. El uso de este proceso haría riesgosa la inversión en el proyecto, debido al escaso conocimiento del proceso y a las muchas variables de proceso desconocidas.

7. Se recomienda ubicar la planta en el parque industrial de San Juan del Rio, Qro. Esto se debe a que la ubicación de éste parque industrial permite una fácil distribución del producto a los centros de consumo del mismo, y un fácil acceso a las vías de entrada de las materias primas. Esto es importante ya que el producto se vende en pequeñas cantidades a una gran cantidad de clientes. Conviene evaluar la posibilidad de instalar centros de distribución en distintas zonas del país.
8. Los precios de los cianoacrilatos para uso industrial y para venta directa al consumidor son drásticamente distintos. Mientras el precio de los adhesivos industriales oscila alrededor de los \$ 100,000 pesos por Kg., el de los adhesivos para venta directa al consumidor oscila alrededor de los \$ 80,000 pesos.
9. El bajo precio del adhesivo importado en granel sugiere que el proyecto puede ser rentable si tan solo se importa el producto al granel y tan solo se envasa y distribuye localmente. Esta alternativa merece ser evaluada más a fondo.
10. El monto total de la inversión proyectada para la realización de la planta de cianoacrilatos, asciende a 2,956 millones de pesos.
11. El presente estudio no contempla el uso de financiamiento para la realización de éste proyecto. Se recomienda la inversión directa debido a que la inversión inicial es baja y el proyecto es económicamente muy atractivo.

12. El Tratado de Libre Comercio no se considera como una amenaza desde el punto de vista del precio de este adhesivo, ya que su precio esta en linea con el precio del mismo en el mercado americano. Sin embargo se debe se ahondar más en las implicaciones del tratado, como es considerar los posibles mercados de exportación. Es probable que sea más fácil exportar el producto a mercados latinoamericanos que tengan un mercado menos desarrollado que el mexicano o el estadounidense.
13. El proyecto es poco sensible a variaciones en el precio de materias primas, inversión en activo fijo o volumen de ventas. Su mayor sensibilidad es hacia el precio de venta, por lo cual, durante la ejecución del proyecto conviene evaluar detalladamente la fabricación de un producto de alta calidad con un precio alto, para maximizar las ganancias.
14. Dos areas que deben ser estudiadas con mayor profundidad son el tamaño del mercado y la distribución del producto. Para ello se pueden contratar los servicios de empresas especialistas en estos estudios, como son "Nielsen" o "Mercadométrica", o se puede realizar una encuesta entre los fabricantes, y distribuidores que representan la única opción para conocer con mayor certidumbre estos datos.

12. El Tratado de Libre Comercio no se considera como una amenaza desde el punto de vista del precio de este adhesivo, ya que su precio esta en linea con el precio del mismo en el mercado americano. Sin embargo se debe se ahondar más en las implicaciones del tratado, como es considerar los posibles mercados de exportación. Es probable que sea más fácil exportar el producto a mercados latinoamericanos que tengan un mercado menos desarrollado que el mexicano o el estadounidense.

13. El proyecto es poco sensible a variaciones en el precio de materias primas, inversión en activo fijo o volumen de ventas. Su mayor sensibilidad es hacia el precio de venta, por lo cual, durante la ejecución del proyecto conviene evaluar detalladamente la fabricación de un producto de alta calidad con un precio alto, para maximizar las ganancias.

14. Dos areas que deben ser estudiadas con mayor profundidad son el tamaño del mercado y la distribución del producto. Para ello se pueden contratar los servicios de empresas especialistas en estos estudios, como son "Nielsen" o "Mercadométrica", o se puede realizar una encuesta entre los fabricantes, y distribuidores que representan la única opción para conocer con mayor certidumbre estos datos.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

- (1) Sapag y Sapag, "Preparación y Evaluación de Proyectos", 2da edición, 1989, Mc Graw Hill.
- (2) Baca Urbina G., "Evaluación de Proyectos - Análisis y Administración del Riesgo.", 2da edición, 1990, Mc Graw Hill.
- (3) Peters M.S. y Timmerhaus K.D. "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 3ra edición, 1981, Mc Graw Hill.
- (4) Asociación Nacional de la Industria Química, "Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana en 1989", ANIQ, 1990.
- (5) Perry R.H., Green D., "Chemical Engineer's Handbook", 6ta ed., 1984, Mc Graw Hill.
- (6) Van Nostrand's "Condensed Chemical Dictionary", Braed, 1971. Van Nostrand-Reynold.
- (7) Poder Ejecutivo Nacional, "Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994", 1989, SPP.
- (8) Lee H. editor, "Cyanoacrylate Resins - the Instant Adhesives", 1981, Pasadena Technology Press.
- (9) Servan S. "Manufacture of Cyanoacrylate Esters by Thermal Depolymerization", Patente Rumana R0113323, 1984.
- (10) Valle-Riestra J., "Project Evaluation in the Chemical Process Industry", Mc Graw Hill, 1983, New York, USA.
- (11) Naway Behar Mario, "Estudio de factibilidad de la producción de cresoles en México", Tesis, UNAM, Fac. de Química, 1989.
- (12) Ley de Impuesto sobre la Renta, 1991.
- (13) Mark H.F., Bikales N.M. et al, "Encyclopaedia of Polymer Science and Engineering", John Wiley & Sons, New York, USA, Vol. I, pp. 299-305, 547-577, 2da ed. 1985.
- (14) Cagle C., "Handbook of Adhesive Bonding", 2da ed., 1973, Mc Graw Hill, New York, USA, caps. 1, 2, 3, 24 y 29.
- (15) Coover H.W., Skeist I. ed. "Handbook of Adhesives", Reinhold Publishing Co. New York, USA, pp. 409-414, 569-580.
- (16) Asociación Nacional de la Industria Química, "Directorio de empresas, productos, servicios y distribuidores de la Industria Química Mexicana", 1990.

- (17) Indicadores Económicos 1989-1990, Banco de México.
- (18) Kirk - Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3ra ed., 1978, Wiley Interscience Publications, John Wiley & Sons, New York, USA, pp. 488-570.
- (19) Enciclopedia Británica, 15va ed. Vol. XIII, 1989, Chicago, USA, pp. 8-14.
- (20) Serban, Sever, Sandru Dan, "Manufacture of Cyanoacrylate Esters by Thermal Depolymerization", patente rumana RO88656, 31/marzo/1986.
- (21) Imoehl et al, "Preparation of Cyanoacrylic Acid Esters", usp 3, 751, 445, 1972.
- (22) The Intenational Plastic Selector Inc. "Desk-Top Data Bank: Adhesives 1978/1979" Book A., Cordura Publicationes Inc. La Joya, CA, USA pp. 7-13.
- (23) "Directory of World Chemical Producers", 1989/1990 edition, Chemical Information Services LTD, USA.
- (24) "Chemical Markeeting Report; Shell Publishing Company Inc. New York, USA, nov/1990.
- (25) Travis W., "Reinforced Tixotropic Gel Composition", Patente USP 639339, 1986.
- (26) Melody David P. "Advances in room-temperature Curing Adhesives and Sealants- a review," British Journal of Polymer Science, Vol. XXI, No. 2, pp. 175-179.
- (27) Nakata, C. Kawazoe et al. "Colored Cyanoacrylate Compositions", European Patent Application EP 105062, 1984.
- (28) Marten K. "Optical Brightners for Cyanoacrylate Adhesives", Germany Offen. DE3540594, 1987.
- (29) Taoka Chemical Co. "Tinting of alpha-Cyanoacrylate bonding agents", JP 82164177, 1982.
- (30) Honeycutt T.W., "Reinforced Thixotropic Gel Compositions", USP 639339, 1984.
- (31) Litke A.E. "Thixotropic Cyanoacrylate Compositions", USP 528275, 1984.
- (32) Reichk Siegertl, "Cyanoacrylate Adhesive Composition" USP 4414347a, 1983.
- (33) Toaka Chemical Co. "Method of increasing viscosity of alpha-Cyanoacrylates Adhesives", JP 8466472, 1984.
- (34) Cooke B. "Pseudoplastics Cyanoacrylate Composition", UK Patent Application GB 2204872, 1986.

- (35) Kihara K., "Alpha-Cyanoacrylate Adhesive Compositions", JP 6225185, 1987.
- (36) Hara O, Okuma A., "Thixotropic alpha-Cyanoacrylate Compositions of Adhesives", JP88137979A2, 1988.
- (37) Taoka Chemical Co. "Cyanoacrylate Adhesive Compositions", JP8195968A2, 1981.
- (38) Matsumoto Seiyaku Co, "Adhesive Compositions", JP57155273, 1982.
- (39) Miyagi, M., "Rapid-setting Cyanoacrylate Adhesives", JP88150360, 1988.
- (40) Shiraidhi Y. et. al., "Adhesive Composition", USP 4377490A, 1983.
- (41) Toaka Chemical Co., "Adhesive Compositions", JP 8319677, 1983.
- (42) Sugiura K., Kimura K., "Adhesive Compositions" JP 85133082A2, 1984.
- (43) Marriotti C. Liv J.C., "Adhesive Compositions with Increased Resistance to Heat", Belgium Patent BP 893260, 1982.
- (44) Dencher Z., "Synthesis of Cyanoacrylates Based on Mono and Diethylene glycol monoallyl esters", CA 106(22)17689m, 1986.
- (45) Dencher Z., "Synthesis and Properties of allyloxyethyl 2-cyanoacrylate adhesive", CA 109(24)212042j, 1988.
- (46) Toa Gasei Chem. "Heat-resistant instant adhesive compositions" CA 101(10)73687t, 1984.
- (47) Toa Gasei Chem., "1-Cyanobutadiene-1-carboxylic acid polyesters", CA 100(26)2111127,1982.
- (48) Tukuda K.,Okuma A., "Primer compositions for non-polar or highly crystalline resins", CA 108(22)188116t, 1987.
- (49) Jaffe H., Wade C.F. et. al. "Synthesis and bioevaluation of a rapidly biodegradable tissue adhesive: 1,2-isopropylidene glyceryl 2-cyanoacrylate", CA 104(22)193126, 1986.
- (50) Ruan C., "Manufacture of Adhesives for Medical Goods", Ca 111(12)102767, 1987.
- (51) Kobe J.J., "Primed Polymeric Surfaces for Cyanoacrylate Adhesives" EP 0303427A2, 1988.
- (52) Kotser D., Dencher Z., "Adhesive Properties of Ethyl 2-Cyanoacrylate Containing Small Amounts of Acetic Acid as Adhesion Promotor", Int J. Adhesion and Adhesives, Vol. VII, No. 2, pag. 87, April,1987.

- (54) Hiraiwa A., Nakatani T. et. al., "Adhesive Compositions", CA104(B)51743t, 1985.
- (55) Matsumoto Seiyaku Co. "Cyanoacrylate Adhesives' CA 101(6) 39355y, 1984.
- (56) Sieger H. et.al., "Cyanoacrylate Adhesive Compositions", CA 101(20)172373u, 1984.
- (57) Serbans, Sandru D. "Manufacture of Cyanoacrylate Adhesives by Thermal Depolymerization", Romanian Patent RO 88656B1, CA106(22)1771246, 1986.
- (58) Nakada C., NayasawaK., "Primed compositions for cyanoacrylate adhesives", CA 106(6)33628.
- (59) Lizardi L., Malofski B., "Stabilized cyanoacrylate compositions" German Patent DE3140246A1, 1983.
- (60) Loctite Corp., "Stabilized cyanoacrilate compositions", Belgium Patent BE890553,1982.
- (61) Japan Synthetic Rubber Co, "Waterproof Instant Bonding Agents", CA 98(16)127143c, 1982.
- (62) Korshak V.V., Polyakova A.M., et. al. "Adhesive Composition from an alpha-Cyanoacrylic Acid Ester", CA 97(4)24703K, 1982.
- (63) Lazaris A. Gromora G., "Gas chromatographic determination of impurities in ethyl cyanoacrylate", CA 101(16)161544g.
- (64) Takaoka Chem. Co., "Container for alpha-cyanoacrylate adhesive", CA 100(26)211222r, 1983.
- (65) Muroi K., Fujino H., "Karl-Fisher reagents for cyanoacrylate adhesives", CA106(6)33994n, 1986.
- (66) Centro de Estudios Economicos del sector Privado A.C., "Ejecutivos de Finanzas", 1990.