

2ej  
↓



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Facultad de Química**

**“EFECTO DE ADITIVOS EN LA ADHESIVIDAD  
DE PLASTISOLES”**

**T E S I S**

Para obtener el Título de:  
**INGENIERO QUIMICO**

presenta:

**BUSEBIO ABREU RAMIREZ**



México, D. F.

**EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA**

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I. ....	1
1. INTRODUCCION.....	1
1.1    Generalidades.....	1
1.2    Justificación del tema.....	2
1.3    Objetivo general.....	2
1.4    Metodología.....	3
 CAPITULO II. ....	 4
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1    Plastisoles.....	4
2.1.1    Propiedades de flujo.....	6
2.1.2    Medición de la viscosidad.....	7
2.1.3    Comportamiento de los fluidos.....	7
2.1.4    Propiedades generales de los aditivos.....	9
2.1.5    Efecto de solvatación.....	9
2.1.6    Gelificación y curado de plastisol.....	10
 CAPITULO III. ....	 13
3. PARTE EXPERIMENTAL.....	13
3.1    Diseño de experimentos.....	13
3.2    Selección de la fórmula base.....	15
3.2.1    Selección de los aditivos.....	18
3.3    Descripción de materias primas.....	20
3.4    Técnicas y Métodos.....	23
3.4.1    Mezclado de los plastisoles.....	25
3.4.2    Forma de agregar los aditivos en la prepara ción de las pastas.....	25

	Pág.
3.5 Condiciones de proceso.....	27
3.5.1 Moldes para curado de las muestras.....	27
3.5.2 Temperatura óptima de curado de las muestras.....	28
3.5.3 Selección de muestras.....	28
3.5.4 Equipo para pruebas físicas.....	28
 CAPITULO IV.....	 31
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1 Comportamiento de la fórmula base.....	31
4.2 Propiedades que imparte el aditivo.....	33
4.2.1 Resina de suspensión vinycol 100 x 122.....	33
4.2.2 Carga carbonato de calcio precipitado.....	37
4.2.3 Ester vinílico vinycol 138.....	42
4.2.4 Aceite epoxidado de soya.....	46
4.2.5 Copoacetato vinycol 431.....	48
4.2.6 Modificador de impacto acrílico. Paraloid - K-120-ND.....	50
4.2.7 Modificador de densidad azodicarbonamida (Concentricel 125).....	54
4.3 Propiedades generales de flujo de los plasti- soles.....	57
4.4. Propiedades en la desereación.....	63
4.4.1 Fórmula base sin desereación.....	63
4.4.2 Fórmula número siete sin desereación.....	64
4.5 Optimización de propiedades para tres formu- laciones.....	66
4.5.1 Fórmula número 23.....	66

	Pág.	
4.5.2	Fórmula número 24 .....	69
4.5.3	Fórmula número 25.....	71
4.6	Discusión general.....	78
4.6.1	Efecto de la concentración del plastificante..	78
4.6.2	Efectos generales de la viscosidad.....	78
4.6.3	Efectos de la concentración de cada uno de los aditivos.....	81
4.6.4	Efecto de la concentración del aditivo en el - producto terminado.....	82
4.6.4.1	Adhesión.....	82
4.6.4.2	Dureza.....	82
4.6.4.3	Resistencia a la tensión.....	86
4.6.4.4	Módulo elástico.....	86
4.6.5	Conclusión.....	89
<b>CAPITULO V.</b>	.....	<b>91</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>91</b>
5.1	Conclusiones.....	91
5.2	Recomendaciones.....	92
5.2.1	Control de Calidad.....	92
5.2.2	Especificaciones.....	92
5.2.3	Recomendaciones en aditivos.....	93
5.2.3.1	Resina vinycol 121.....	93
5.2.3.2	Resina vinycol 100 x 122.....	93
5.2.3.3	Plastificante primario DOP.....	94
5.2.3.4	Estabilizador térmico Mark 495.....	94
5.2.3.5	Carbonato de calcio precipitado.....	95

	Pág.
5.3 <b>Recomendaciones en el proceso de plastisoles..</b>	95
5.3.1 <b>Propiedades de flujo de los plastisoles.....</b>	95
5.3.2 <b>Añejamiento de los plastisoles.....</b>	96
5.3.3 <b>Molinos.....</b>	96
5.3.4 <b>Filtrado.....</b>	96
5.3.5 <b>Equipo.....</b>	97
5.3.6 <b>Mezclado.....</b>	97
5.3.7 <b>Deaeración.....</b>	97
5.3.8 <b>Almacenamiento.....</b>	97
5.3.9 <b>Temperatura de curado.....</b>	98
<b>CAPITULO VI. ....</b>	<b>99</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>99</b>

I N D I C E   D E   T A B L A S

Tabla No.		Pág.
2.1	Métodos usuales de control de calidad para - plastisoles y producto final.....	12
3.1-a	Propiedades generales de las resinas de dis- persión.....	16
3.1-b	Propiedades de producto terminado.....	17
3.2	Características de componentes y aditivos usa- dos en la formulación de plastisoles.....	19
3.3	Certificado de calidad para la resina vinycel 121.....	22
3.4	Certificado de calidad para la resina vinycel 100 x 122.....	23
3.5	Certificado de calidad para la resina vinycel 138.....	24
3.6	Normas estándar seleccionadas para la determi- nación de las propiedades a medir.....	30
4.1	Propiedades de flujo con resina de mezcla....	32
4.2	Propiedades finales con resina de mezcla....	34
4.3	Propiedades de flujo con carbonato de calcio..	38
4.4	Propiedades finales con carbonato de calcio..	41
4.5	Propiedades de flujo con resina vinycel 138..	43
4.6	Propiedades finales con resina vinycel 138...	45
4.7	Propiedades de flujo con aceite epoxidado de soya.....	47
4.8	Propiedades finales con aceite epoxidado de - soya.....	49
4.9	Propiedades de flujo con resina vinycel 431..	51
4.10	Propiedades finales con resina vinycel 431..	52
4.11	Propiedades de flujo con paraloid K-120-ND...	55
4.12	Propiedades finales con paraloid K-120-ND....	56
4.13	Propiedades de flujo con azodicarbonamida....	58
4.14	Propiedades finales con azodicarbonamida....	59

Cont. I N D I C E D E T A B L A S

Tabla No.		Pág.
4.15	Propiedades de flujo de las fórmulas base y con carbonato de calcio con y sin desereación.....	65
4.16	Propiedades finales de las fórmulas base y con carbonato de calcio con y sin desereación.....	67
4.17-a	Propiedades de flujo en optimización de tres -- formulaciones.....	74
4.17-b	Propiedades de flujo en la optimización de tres formulaciones.....	75
4.18	Propiedades finales en la optimización de tres formulaciones.....	76



## I N D I C E   D E   F I G U R A S

Fig.No.		Pág.
2.1	Plastisoles, Organosoles y Plastigeles.....	5
4.1	Comportamiento de la viscosidad de los experimentos, comparados con la fórmula base (1).....	35
4.2	Comportamiento de la viscosidad con carbonato de calcio precipitado.....	40
4.3	Comportamiento de la viscosidad a diferentes velocidades de corte.....	60
4.4	Comportamiento de la viscosidad de las tres formulaciones optimizadas comparándolas con la fórmula base (1).....	77
4.5	Efecto de la viscosidad variando la concentración -- del plastificante.....	79
4.6	Efecto de la viscosidad con respecto al tiempo.....	80
4.7-a	Efecto de la concentración en la viscosidad inicial	83
4.7-b	Efecto de la concentración en la viscosidad inicial	84
4.8	Efecto de la concentración de los aditivos en la -- adhesión del producto final.....	85
4.9	Efecto de la concentración de los aditivos en la dureza del producto final.....	87
4.10	Efecto de la concentración de los aditivos en la resistencia a la tensión del producto final.....	88
4.11	Efecto de la concentración de los aditivos en el módulo elástico en el producto final.....	90

**"EFECTO DE ADITIVOS EN LA ADHESIVIDAD DE PLASTISOLES"**

## C A P I T U L O I

### 1. INTRODUCCION

#### 1.1 Generalidades

Un plastisol es una mezcla física de un plastificante líquido con resinas de dispersión de PVC, para formar un fluido cuya viscosidad depende de la concentración de los componentes.

Los plastisoles contienen también una serie de aditivos tan diversos como resinas de suspensión, estabilizadores, cargas, pigmentos, esponjantes, plastificantes secundarios, depresores de viscosidad, antioxidantes, absorbedores de rayos ultravioleta y otros.

La finalidad de agregar ciertos aditivos a los plastisoles es mejorar sus propiedades, así como reducir costos de producción y facilitar su proceso.

La importancia de los plastisoles reside en que con ellos se fabrican miles de productos, tan diversos y familiares como tapicería, telas para decoración, cojines de espuma, revestimientos de bastidores y recipientes metálicos, partes moldeadas, juguetes, forros para barriles, persianas de fibra de vidrio recubiertas, plastilata, manteles, cortinas, guantes, selladores automotrices y resanadores, calcomanías, congelación.

Los plastisoles se elaboran a temperatura ambiente, formando fluidos desde bajas viscosidades hasta pastas muy visco-

sas, que se utilizan para: recubrir, bañar, moldear, vaciar. Básicamente en estos procesos, el plastisol va a estar en contacto con superficies de materiales tan diversos como: metales, telas, fibra de vidrio, madera, nylon, poliéster, papel.

A diferencia de la mayoría de los materiales fluidos, los plastisoles contienen al final de su proceso de curado un 99% de sólidos aproximadamente, una vez que se lleva a cabo - la fusión a temperaturas elevadas, para incorporar el plastificante a la resina y así formar un material termoplástico.

## 1.2 Justificación del tema.

La importancia del presente estudio sobre "El efecto - de aditivos en la adhesividad de plastisoles" es:

a) Contar con una base científica que permita optimizar las variables de proceso y las propiedades finales de plastisoles adhesivos a un sustrato.

b) Determinar en base al punto anterior formulaciones óptimas.

## 1.3 Objetivo.

Esta tesis tiene como objetivo principal correlacionar el efecto de los aditivos que intervienen en la formulación de un plastisol con la adhesividad, así como en otras propiedades físicas para el diseño óptimo de formulaciones.

#### 1.4 Método.

Se partió de una formulación base seleccionada, en base a un estudio previo, resultando las siguientes materias primas y concentraciones:

Resina de dispersión	vinycel 121	100 partes
Plastificante primario	D.O.F.	60 partes
Estabilizador térmico	Calcio-Zinc	2 partes

Se midieron la viscosidad del plastisol y las propiedades físicas del producto final, para tener un patrón de referencia que sirviera como base a este estudio, se comparó el efecto de los diferentes aditivos en el plastisol y en producto, en base a la concentración de cada uno.

## CAPITULO II

### 2. ANTECEDENTES

#### 2.1 Plastisoles

Los plastisoles son el producto de la dispersión de resinas de PVC en un plastificante líquido, también contiene una serie de aditivos tales como: estabilizadores térmicos, resinas de mezclas, cargas, plastificantes secundarios, pigmentos, espesantes, surfactantes, dispersantes o diluyentes volátiles, agentes espumantes y otros.

Los plastisoles se preparan desde bajas, medias y altas viscosidades.

Los organosoles, se obtienen cuando a un plastisol se le agrega uno o varios disolventes volátiles, cuya finalidad es disminuir la viscosidad del plastisol, de preferencia en aquellos con bajo nivel de plastificantes.

Los plastigeles se obtienen generalmente con estearato de aluminio, este es dispersado con plastificante, para después ser agregado al plastisol y así obtener viscosidades altas.

(ver Fig. 2.1).

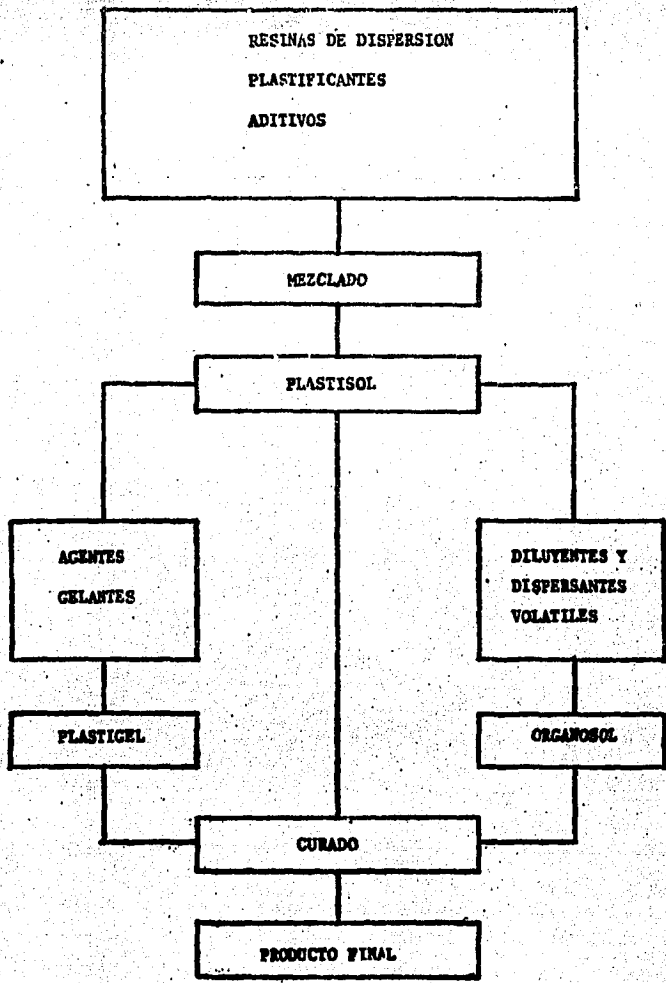


Figura 2.1 Plastisoles, Organosoles y Plasticelos.

### 2.1.1 Propiedades de flujo.

Esfuerzo cortante, al corte o esfuerzo cizalla.

Si a un líquido se le visualiza en capas o láminas apiladas una sobre otra, se necesita una cierta fuerza para que se deslicen una sobre las otras, a esta fuerza se le conoce como: Esfuerzo cortante, esfuerzo al corte o esfuerzo de cizalla. (Kg fuerza/m<sup>2</sup>).

Velocidad de corte o cizalla.

Cuando se aplica una fuerza constante para el desliza--miento de las capas, da lugar a una velocidad que se le conoce como velocidad de corte o de cizalla (m/seg).

Viscosidad

Es la medición de la resistencia que opone un líquido al fluir y se le define como:

La relación del esfuerzo cortante, con respecto a la velocidad de corte para flujo laminar.

$$\text{VISCOSIDAD} = \frac{\text{Esfuerzo cortante}}{\text{Velocidad de Corte}}$$

Unidad de viscosidad poise (p) = 1 dina seg/m<sup>2</sup>

Centipoises (cp) = 0.01 poise

Fluidos newtonianos

La viscosidad es constante independientemente del esfuerzo cortante o la velocidad de corte.



Los plastisoles, corresponden a un fluido no Newtoniano, al aumentar la velocidad de corte baja la viscosidad.

### 2.1.2 Medición de la viscosidad.

Ya que la viscosidad de un plastisol es no Newtoniana, - el flujo no es proporcional a la fuerza de corte que se le aplica, es por esto que bajo cualquier condición de medición se le considera ésta como una "VISCOSIDAD APARENTE".

Las dimensiones son:

$$\frac{(\text{fuerza}) \cdot (\text{tiempo})}{(\text{longitud}^2)} \quad \delta \quad \frac{\text{masa}}{(\text{tiempo}) (\text{longitud})}$$

Esta viscosidad aparente se mide en un viscosímetro - - Brookfield que proporciona bajo esfuerzo cortante o en un Severs, que da un alto esfuerzo cortante.

### 2.1.3 Comportamiento de los fluidos.

**Esfuerzo mínimo de deformación, E.M.D. (Valor Yield)**

Es la fuerza en dinas por centímetro cuadrado que debe - ser ejercida sobre un fluido en reposo para iniciar su flujo -- constante. En la mayoría de los plastisoles el E.M.D. es medido con un viscosímetro Brookfield:

$$E.M.D. = \frac{4 (V_2 \text{ RPM} - V_4 \text{ RPM})}{100}$$

### **Tixotropía**

Los materiales tixotrópicos son aquellos cuya consistencia depende de la duración del esfuerzo así como de la velocidad de deformación.

Si un material tixotrópico es puesto en movimiento a velocidad constante después de un período de reposo, la estructura -- progresivamente se romperá y la viscosidad aparente disminuirá -- con el tiempo.

La velocidad de rompimiento de la estructura durante la -- aplicación del esfuerzo a una velocidad dada dependerá del número de estructuras que se puedan romper.

### **Dilatancia**

Este efecto se presenta cuando en un fluido al aumentar su agitación aumenta su viscosidad aparente, en los plastisoles con bajo nivel de plastificante se presenta esta propiedad.

### **Flujo plástico.**

Se dice que un fluido posee flujo plástico cuando para un Valor Yield alto se presenta un comportamiento de flujo en línea recta, en una representación gráfica de velocidad de corte contra resistencia al corte.

### **Flujo pseudoplástico.**

Es aquel fluido cuya viscosidad aparente decrece conforme se aumenta la velocidad de corte.

### **Reopéctico.**

Es cuando se incrementa la viscosidad con el tiempo de -- agitación y manteniendo constante el esfuerzo cortante.

#### 2.1.4 Propiedades generales de los aditivos.

Las propiedades del plastisol, de proceso y de producto terminado, son afectadas por las características de las resinas y aditivos, los factores más importantes a considerar son:

##### RESINAS:

- Peso molecular
- Homopolímero o Copolímero
- Tamaño y distribución de la partícula
- Porosidad de la partícula
- Cantidad y tipo de emulsificante
- Grado de humedad de la resina
- Uniformidad en el tamaño de partícula
- Grado de solvatación
- Estabilidad en la viscosidad

##### ADITIVOS:

- Tipo y tamaño de la partícula de la resina de mezcla
- Tipo y cantidad de plastificante
- Tipo y cantidad de estabilizador
- Tipo y cantidad de carga
- Índice de refracción de aditivos en general
- Efecto en la viscosidad y temperatura de gelado
- Efecto en las propiedades en general.

#### 2.1.5 Efecto de solvatación

Se define como la facilidad de penetración del plastificante en la partícula de la resina, se asocia íntimamente con

el grado de compatibilidad resina-plastificante.

Para algunos plastificantes como el BBP, DHP, TCP ejercer tal poder solvatante, que a temperaturas bajas pueden llegar a gelificar y curar el plastisol. Poder de solvatación - para algunos plastificantes:

↑ Solvatación	BBP	(Ftalato de butil-bencilo)
	DBP	(Ftalato de di-butilo)
	BOP	(Ftalato de butil-octilo)
	DOP	(Ftalato de di-(2-etil-hexilo)
	DIDP	(Ftalato de di-iso-decilo)
	DOS	(Sebacato de di-(2-etil-hexilo)
	DOZ	(Azelaato de di-(2-etil-hexilo)
	DOA	(Adipato de di-(2-etil-hexilo)

#### 2.1.6 Gelificación y curado de plastisol.

Cuando se someta a calentamiento el plastisol hay una disminución en la viscosidad, pero solo hasta unos 49°C después de esta temperatura empieza a subir la viscosidad solvatándose y es irreversible, si se sigue aumentando la temperatura se llega a un punto de reblandecimiento y posteriormente al curado a unos 177°C, dependiendo del tipo y cantidad de estabilizador térmico así como del tiempo de exposición en el horno.

Los plastificantes con baja temperatura de gelificación poseen una temperatura baja de curado, también dependen del peso molecular de la resina y tipo de plastificante así como del efecto de los aditivos que intervienen en la formulación.

**El fenómeno ocurre de la siguiente manera;**

**Plastisol líquido**

**Pre-gelado**

**Gelado**

**Reblandecimiento**

**Curado parcial**

**Curado óptimo**

Los métodos más usuales para el control de la calidad de los plastisoles y de producto terminado se describen a continuación. (Ver Tabla No. 2.1).

TABLA No. 2,1

**METODOS USUALES DE CONTROL DE CALIDAD PARA PLASTISOLES  
Y PRODUCTO FINAL**

Propiedad	Método
<b>Plastisoles</b>	
Viscosidad Brookfield	ASTM-D-1824
	SPI-VD-T1
	BFG-1010 C
Grado de dispersión	SPI-VD-T10
Temperatura de gelado en placa caliente	SPI-VD-T18
Determinación de liberación de aire	SPI-VD-T20
<b>Producto final</b>	
Densidad de espuma	SPI-CV-11
Dureza	ASTM-D-1706-B
	ASTM-D-2240-A
Resistencia a la tensión	ASTM-D-412
	ASTM-D-638
	ASTM-D-881

## C A P I T U L O   I I I

### 3.      P A R T E  E X P E R I M E N T A L

#### 3.1    D i s e ñ o  d e  e x p e r i m e n t o s .

##### A c t i v i d a d e s  y  O b j e t i v o s

#### 1.  D i s e ñ o  d e  l a  f o r m u l a c i ó n  b a s e .

Objetivo.   Tener un patrón de referencia para comparar el efecto de los diferentes aditivos que participan en la formulación de plastisoles.

#### 2.  S e l e c c i ó n  d e l  t i p o  d e  a d i t i v o s  p a r a  m o d i f i c a r  l a  f o r m u l a c i ó n  b a s e .

Objetivo.   Conocer que se debe modificar en la formulación base, de acuerdo a las recomendaciones de los proveedores.

#### 3.  S e l e c c i o n a r  3  c o n c e n t r a c i o n e s  p a r a  c a d a  a d i t i v o ,  c o n s i d e r a n d o  l a s  r e c o m e n d a c i o n e s  d e  l o s  p r o v e e d o r e s  d e  m a t e r i a s  p r i m a s .

Objetivo.   Observar el comportamiento del aditivo con respecto a su concentración y cómo afectan a la fórmula base en sus propiedades de proceso y en el producto terminado.

#### 4.  O b s e r v a r  e l  e f e c t o  d e  d e a c e r e a c i ó n  d u r a n t e  l a  f o r m a c i ó n  d e l  p l a s t i s o l .

Objetivo, Observar de qué manera afecta el aire ocluído en el plastisol en la viscosidad con respecto al -- tiempo, así como en las operaciones de proceso y en el -- producto terminado y comparar con la misma formula-- ción deaereada.

5. Estudiar de uno en uno los aditivos en la formulación base y medir su viscosidad con respecto al tiempo.

Objetivo. Observar la solvatación que sufre el aditivo con respecto al tiempo y comparar con la fórmula base.

6. Estudiar los resultados promedio de las pruebas de viscosidad en función de las concentraciones de cada aditivo y comparar con la fórmula base.

7. Fabricar 3 moldes de acero inoxidable, conforme a normas ASTM, para formar suficientes probetas y películas adhesivas a una lámina estañada con un adhesivo primario.

Objetivo. Tener las probetas y películas adhesivas necesarias de cada formulación a las mismas condiciones de curado para las pruebas físicas de producto terminado.

8. Correlacionar los resultados de las pruebas físicas -- del efecto de aditivo y su concentración con la fórmula base por métodos estadísticos y con ayuda computacional.



Objetivo. Tener valores representativos para la optimización de formulaciones.

9. De acuerdo al análisis, diseñar 3 formulaciones con la combinación de aditivos para comparar resultados de las correlaciones y seleccionar la formulación óptima.

Objetivo. Comprobar el diseño de formulación de plastisoles en base a las propiedades deseadas de viscosidad inicial, estabilidad de la viscosidad con respecto al tiempo, facilidad de proceso, control de las variables de proceso para hacer más fácil su operación, control en la reducción de costos del producto terminado, control de las propiedades requeridas en el producto terminado como son: adhesión, dureza, resistencia a la tensión, etc. También se persigue como finalidad principal establecer el método más adecuado en la formulación de plastisoles en base a las propiedades requeridas.

### 3.2 Selección de la fórmula base.

La selección de la fórmula base se realiza considerando un estudio previo de B. F. Goodrich Company, U.S.A. sobre la caracterización de sus resinas. Esta se describe a continuación: (Ver tablas 3-1-a y 3-1-b).

TABLA No. 3,1-a

PROPIEDADES GENERALES DE LAS RESINAS DE DISPERSION

Propiedades Típicas	Método	Geon 121	Geon 124
Viscosidad inherente	ASTM-D-1243-66	120	1.20
Gravedad específica		140	1.40
Densidad aparente gr/cc		0.32-0.4	0.32-0.4
Aceptada por FDA		si	si
Propiedades de flujo	SPI-VD-71		
Viscosidad Brookfield LVF en (Cps)			(Cps)
1 hora 6 RPM		5,000	5,100
12 RPM		4,620	4,925
1 día 6 RPM		15,500	6,600
12 RPM		14,000	6,400
1 semana 6 RPM		36,000	13,000
12 RPM		35,000	12,000
1 mes 6 RPM		46,200	27,000
12 RPM		40,200	22,500
Flujo Severs gr/100 seg.	BFG-1010-A	15.8	14.2
Viscosidad Severs en (Cps)		15,152.0	2,860.0
Temperatura de gelado en placa caliente °C ( °F ).	SPI-VD-T5	77 (170)	75 (167)

TABLA 3.1-b

PROPIEDADES DE PRODUCTO TERMINADO.

Propiedades de película curadas a diferentes -- temperaturas.

	Método	Geon 121	Geon 124
Resistencia a la tensión en Lb/pul <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	ASTM-D-882-56T		
a 121°C ( 250 °F )		450 ( 31.5 )	450 ( 31.5 )
135°C ( 275 °F )		817 ( 57.4 )	650 ( 45.8 )
149°C ( 300 °F )		1240 ( 87.2 )	880 ( 61.9 )
163°C ( 325 °F )		2293 (161.2 )	1990 (139.9 )
177°C ( 350 °F )		2823 (198.5 )	2263 (159.1 )
191°C ( 375 °F )		2597 (182.6 )	2370 (166.6 )
204°C ( 400 °F )		2720 (191.2 )	2513 (176.7 )

Elongación última en %

a 121°C ( 250 °F )	30	50
135°C ( 275 °F )	90	73
149°C ( 300 °F )	160	123
163°C ( 325 °F )	347	362
177°C ( 350 °F )	427	427
191°C ( 375 °F )	357	427
204°C ( 400 °F )	380	423

Fórmula base:

Resina de dispersión Geon	100 partes
Plastificante DOP	50 partes
Estabilizador térmico	2 partes

Referencia:

TECHNICAL BULLETIN GEON RESINS FOR VINYL DISPERSIONS., B. F. Goodrich Company.

### 3.2.1 Selección de aditivos.

A partir de este estudio previo se seleccionaron las resinas y aditivos de fabricación nacional, como se describe en Tabla No. 3.2.

#### Fórmula base del plastisol:

Resina de dispersión Vynysel 121	100 partes
Plastificante DOP Emaplast 812-P	60 partes
Estabilizador térmico Mark 495	2 partes

#### Aditivos para modificar la fórmula base.

1. Resina de suspensión Vynysel 100 x 122	Homopolímero PVC
2. Carbonato de calcio precipitado $\text{CaCO}_3$	Carga inerte
3. Ester Vinílico Vynysel 138	Copo - Ester
4. Epoxidado de soya	Aceite
5. Copolímero Acetato de Vinilo Vynysel 431	Copo - Acetato
6. Homopolímero Acrílico Paraloid K 120 ND	Acrílico
7. Agente esponjante Concentricel 125	Azodicarbonamida

#### Experimentos previstos en este estudio.

7. Aditivos para modificar la fórmula base
- 3 Concentraciones de cada aditivo
- 22 Experimentos de la adición de los aditivos con la fórmula base.
- 3 Determinaciones de la viscosidad a diferentes velocidades
- 3 Determinaciones de la viscosidad a diferentes tiempos
- 2 Experimentos de plastisoles sin deaeración
- 1 Estabilidad térmica de algunos plastisoles
- 1 Determinación de adhesión para cada producto terminado
- 1 Determinación de dureza para cada producto terminado
- 1 Determinación de propiedades mecánicas para cada producto
- 3 Formulaciones combinando las mejores propiedades que resulten de algunos aditivos de los 22 experimentos, para escoger la fórmula óptima.

TABLA No. 3.2

CARACTERISTICAS DE COMPONENTES Y ADITIVOS USADOS EN LA FORMULACION DE PLASTISOLES

Nombre	Clave	Especificación	Concentraciones Usadas.					
			En partes Por cien partes de resina (PCR)			En porcentaje		
<u>Fórmula Base:</u>								
Vinycel 121 (Policy,S.A.)	V-121	Homopolímero de PVC de emulsión específico para plastisoles (0.1-2.0µ)	100			61.7		
EMAPLAST 812-P (Egon Meyer,S.A.)	DEHP (DOP)	Plastificante primario de ftalato de Di (2-etil hexilo).	60			37.0		
MARK 495 (Argus Química Mex. S.A.)		Estabilizador térmico, FDA, de calcio-zinc.	2			1.3		
			162			100.-		
<u>Aditivos:</u>								
VINYCEL 100x122 (Policyd, S.A.)	V-100x122	Homopolímero de PVC de suspensión y mezcla. Reductor de costos y estabilizador de viscosidad y modifica flexibilidad.	10	20	30	5.8	10.9	15.6
CaCO <sub>2</sub> - A I3 (CO <sub>2</sub> de Méx. S.A.)	CaCO <sub>3</sub>	Carga inerte de carbonato de calcio precipitado (0.2 - 2.0µ)	10	20	30	5.8	10.9	15.6
VINYCEL 138 (Policyd,S.A.)	V-138	Copolímero Ester de vinilo. Aumenta la adhesión del plastisol, disminuye la temperatura de gela do y de fusión.	3	7	12	1.8	4.1	6.9
DRAPEX 6.8 (Argus Química Mex. S.A.)	AES	Acate epoxidado de soya. Plastificante secundario y estabilizador de viscosidad.	3	7	12	1.8	4.1	6.9
VINYCEL 431 (Policy,S.A.)	V431	Copolímero de Acetato de vinilo. Aumenta la adhesividad.	1	3	7	0.6	3.0	4.1
PARALOID K-120 ND (Rohm and Haas.Co.)	K-120	Homopolímero acrílico. Modificador de impacto.	1	4	7	0.6	2.4	4.1
CONCENTRICEL 125 Concentricel, S.A.)	C-125	Agente espumante de Azodicarbonamida	1	2	3	0.6	1.2	1.8

### Condiciones de mezclado previstas.

5 Minutos a 62 RPM  
15 Minutos a 130 RPM

Mezclador Hobart

### 3.3 Descripción de materias primas.

1. Resina de dispersión Vinytel 121 (Policyd S.A.). Es una resina que se recomienda para formular plastisoles de uso general. Se recomienda en los siguientes procesos: Moldeo por inmersión, vaciado, rotación, recubrimiento por cuchillas, rodillos, selladores, sellos para coronas de refrescos, recubrimientos espumados, etc. sus características se presentan en la Tabla - 3.3.

2. Plastificante líquido Ftalato de di (2-etilhexilo) - (Egon Meyer S.A.). Es un plastificante primario más ampliamente usado y el que presenta mejor uso general para resinas vinílicas y proporciona a estos compuestos flexibilidad permanente, alta estabilidad al calor y a los rayos ultravioleta.

3. Estabilizador térmico Mark 495 (Argus Química Mex. - S.A.). Es un estabilizador calcio-zinc, aprobado por la FDA. - para compuestos que estén en contacto con alimentos.

4. Resina de mezcla Vinytel 100 x 122 (Policyd S.A.). Es una resina de suspensión que se recomienda para: Reducción de costos de materia prima, ayuda a la liberación de aire, estabiliza la viscosidad, facilita la penetración, embarrado y el vaciado, revestimiento de metales y telas, para plastisoles en general. sus características se presentan en la Tabla 3.4,

TABLA 3.3

CERTIFICADO DE CALIDAD PARA LA RESINA VINYCEL 121

Lote No. 7820735-1

Fecha 3/IX/1983

Propiedades	Especificaciones	Resultados
VISCOSIDAD INHERENTE	1,17 a 1.29	1,191
VISCOSIDAD BROOKFIELD INICIAL	2000 a 6000	4500
VISCOSIDAD SEVERS	12 MINIMO	21.0
FINURA NORTH	3.0 MINIMO	4.0
% RETENIDO EN MALLA 325	0 a 0.05	0.020
PARTICULAS OSCURAS EN 100 in <sup>2</sup>	0 a 3.00	1.000
PERDIDA POR CALOR	0.05 a 0.30	----
HUMEDAD POR K.F.	0 a 0.13	0.122

MATERIAL DENTRO DE ESPECIFICACIONES \_\_\_\_\_

MATERIAL FUERA DE ESPECIFICACIONES \_\_\_\_\_

COMENTARIOS \_\_\_\_\_

NOTA: ( ) PROPIEDADES FUERA DE ESPECIFICACIONES

TABLA No. 3.4

CERTIFICADO DE CALIDAD PARA LA RESINA VINYCEL 100 x 122.

Lote No. 1830131		Fecha 24/1/1983
Propiedades	Especificaciones	Resultados
VISCOSIDAD INHERENTE	0.80 a 0.88	0.840
PERDIDA POR CALOR	0.10 a 0.50	0.16
% DE RETENIDO EN MALLA 60		0.04
% DE RETENIDO EN MALLA 100	1 a 5	2.40
% DE RETENIDO EN MALLA 200	50 min.	74.61
% DE REFLECTANCIA	92 min.	94.20
PARTICULAS OSCURAS EN 100 in <sup>2</sup>	0 a 11	3.00

MATERIAL DENTRO DE ESPECIFICACIONES .....

MATERIAL FUERA DE ESPECIFICACIONES .....

COMENTARIOS .....

NOTA: (X) PROPIEDADES FUERA DE ESPECIFICACIONES



5. Carbonato de calcio precipitado (CO<sub>2</sub> de México, S.A.)  
Es una carga que se recomienda para bajar costos generalmente.

6. Resina dispersión Vinycel 138 (Policyd, S.A.). Se re  
comienda para adhesivos, selladores y resanadores, para bajar  
punto de gelado y temperatura de fusión, para mantener las pro  
piedades físicas al máximo. Sus características se presentan -  
en la Tabla 3.5.

7. Aceite epoxidado de soya (Argus Química Mex. S.A.).  
Como estabilizador de la viscosidad y reductor de la misma, --  
plastificante secundario, estabilizador térmico base sinergis-  
mo. -

8. Resina de suspensión Vinycel 431 (Policyd, S.A.). Es  
un acetato de vinilo. Se recomienda para discos fonográficos y  
lôseta vinílica.

9. Paraloid K-120-ND (Rohn and Haas. Co). Es una resina  
de suspensión acrílica. Se usa como modificador de impacto.

10. Esponjante Concentricel 125 (Concentricel S.A.). Es  
un azodicarbonamida. Se usa para bajar densidad.

#### 3.4 Técnicas y Métodos.

El plastisol se prepara en un mezclador vertical tipo  
planetario, equipado con bomba de vacío para la extracción del  
aire ocluido durante el mezclado, así como los volátiles de --  
los aditivos.

TABLA No. 3.5

CERTIFICADO DE CALIDAD PARA LA RESINA VINYCEL 138

POLICYD, S.A.

Lote No. \_\_\_\_\_ Fecha 8 de marzo 1983.

Propiedades	Especificaciones	Procedimiento
VISCOSIDAD INHERENTE	1.20	ASTM-D-1243
VISCOSIDAD BROOKFIELD INICIAL CPS	5,000	BFG-1010 C
VISCOSIDAD SEVERS	11	BFG-1010 C
FINURA NORTH	3	BFG-1010 C
RETENIDO EN MALLA 325 EN %		
PARTICULAS OSCURAS EN 100 In <sup>2</sup>		
PERDIDA POR CALOR		
HUMEDAD (KARL FISHER EN %)	0.3	BFG - 970

MATERIAL DENTRO DE ESPECIFICACIONES \_\_\_\_\_

MATERIAL FUERA DE ESPECIFICACIONES \_\_\_\_\_

COMENTARIOS \_\_\_\_\_

NOTA: ( ) PROPIEDADES FUERA DE ESPECIFICACIONES

### 3.4.1 Mezclado de plastisoles

Para la preparación de plastisoles se utiliza mezcladoras de alta velocidad de corte, como por ejemplo: PONY, TROY, HOBAR y DRAIS. Para plastisoles a nivel laboratorio también -- existen mezcladoras para esta necesidad. Las hay desde un kilogramo hasta mil kilogramos de plastisol, existen ya integradas con bomba de vacío para la deaeración; cuando no se dispone de una mezcladora se puede improvisar con un taladro y un agitador, la deaeración se hace en un recipiente al cual se le hace vacío por medio de una bomba de vacío, para extraer el aire atrapado durante el mezclado.

Cuando se desea preparar plastisoles de alta viscosidad se recomienda usar mezcladoras como: BAKER, PERKINS, BEKIN ABBE y molinos de tres rodillos tipo tintas.

### 3.4.2 Forma de agregar los aditivos en la preparación de las pastas.

1. Si se va a trabajar con pastas, por ejemplo: Pigmentos, esponjantes y estabilizadores sólidos; se preparan con -- plastificante en la siguiente proporción: 50% de sólidos y un 50% de plastificantes líquidos, se mezclan en dos tiempos: Primero a baja velocidad y después a alta velocidad.

Primero, se agrega el 40% del plastificante en la olla o batche, después los sólidos, se coloca la olla en la máquina mezcladora, se mezclan con la revolución baja durante unos 5 minutos, después se desconecta el sistema de mezclado se lim--

pia el sistema de aspas y las paredes de la olla, se agrega el 10% de plastificante y se vuelve a mezclar con baja velocidad durante unos diez minutos; posteriormente se mezcla con alta velocidad durante unos 15 minutos.

Una vez que se tiene formada la pasta, se pasa por un molino de tres rodillos tipo tintas para homogenizar el tamaño de partícula.

2. Forma de agregar los aditivos en la olla o batche para los plastisoles en general:

- a) Plastificante líquido el 80%
- b) Resinas de dispersión de PVC
- c) Cargas como carbonato de calcio
- d) Resinas de mezcla
- e) Estabilizadores
- f) Otros aditivos

Se mezclan durante 5 minutos, se para el equipo para la limpieza de las aspas de la mezcladora y las paredes de la olla con el fin de bajar todos los polvos, agregar la pasta que se preparó con el esponjante, pigmentos y estabilizadores sólidos u otros aditivos y el plastificante final del 20% restante del 100% que entró en la formulación. Se prepara la máquina para continuar con el mezclado unos 3 minutos con baja velocidad, posteriormente se engrana la velocidad alta durante unos 15 a 35 minutos dependiendo del tipo de plastisol si es a nivel laboratorio o, industrial, en este tiempo si se dispone de una mezcladora integrada con bomba de vacío se hace la deaeración

del aire ocluido durante el mezclado y de los volátiles de los aditivos que intervienen en la formulación del plastisol que - pueden ser: monómero residual, humedad en las resinas y aditivos, así como material volátil en general.

### 3.5 Condiciones de proceso,

Siempre se trabajó con el mismo lote para cada uno de los aditivos; así como la preparación, curado y determinación de las propiedades de los plastisoles siempre se hicieron bajo las mismas variables de proceso.

#### 3.5.1 Moldes para curado de las muestras.

Para el curado de los plastisoles se fabricaron 3 moldes - de acero inoxidable con 7 cavidades de las probetas para las - - pruebas físicas, y 7 cavidades rectangulares para las pruebas de adhesión de acuerdo a las normas ASTM con un espesor de un octavo de pulgada, los moldes disponían de una tapa con tornillos para el cerrado hermético para hacer el curado a molde cerrado.

Se llenan las cavidades de los moldes por vaciado teniendo cuidado de que no queden atrapadas burbujas de aire. En las cavidades rectangulares para la adhesión se colocó encima del plastisol una lámina estañada con un barniz primario fenólico vinilico, curado en condiciones industriales para llevar a cabo la adhesión del plastisol con el primario.

### 3.5.2 Temperatura óptima de curado de las muestras.

Se buscó la temperatura óptima de curado en función del espesor del molde y tiempo de exposición en el horno, encontrándose que para 220°C y 45' de exposición en el horno se tenían las pruebas con las mejores propiedades de curado con excepción de la resina vinyce 431 que se degradaba. Sin embargo, si se bajaba el tiempo de exposición 1 minuto, las demás pruebas no alcanzaban las condiciones de curado. Transcurridos los 45' se tenía que sacar el molde del horno y abrir el molde en caliente para evitar la degradación de las muestras, se sacaban estas muestras y se dejaban enfriar a temperatura ambiente; se repetía con el mismo plastisol 4 veces esta operación para tener el máximo número de muestras que fueran representativas para cada experimento, desechando las que tuvieran defectos como aire atrapado en forma de burbujas durante el vaciado.

### 3.5.3 Selección de muestras.

Se seleccionaron para cada experimento un mínimo de 21 muestras para las pruebas físicas, y de estas se probaron un mínimo de 10 muestras por experimento.

### 3.5.4 Equipo para pruebas físicas.

Las pruebas de adhesión y de resistencia a la tensión se hicieron en una máquina universal de pruebas, el análisis de los datos se procesaron por computadora mediante un programa

ma de ajuste estadístico, también se prepararon películas delgadas de todos los experimentos curados a 220°C y 5' en una placa delgada de acero inoxidable de calibre 20, usando el método de embarrado por espátula.

La dureza se determinó mediante un durómetro (Shore A - 2240).

Se seleccionaron las normas estándar en base a las recomendadas por los fabricantes de las resinas, éstas se describen a continuación. (Ver Tabla No. 3.6).

TABLA No. 3.6

**NORMAS ESTANDAR SELECCIONADAS PARA LA DETERMINACION  
DE LAS PROPIEDADES A MEDIR**

<b>Propiedad</b>	<b>Método</b>
Viscosidad Brookfield ( Cps ) en el plastisol.	SPI - VD - T1
Temperatura de gelado en pla- ca caliente para el plastisol.	SPI - VD - T5
Adhesión en lámina estañada y con un primario en producto - terminado.	ASTM- D - 1876
Dureza en producto terminado	ASTM- D - 2240 A
Resistencia a la tensión en producto terminado.	ASTM- D - 882-67



## C A P I T U L O    I V

### 4.    RESULTADOS Y DISCUSION.

#### 4.1    Comportamiento de la fórmula base

##### Propiedades de flujo.

Presentó en comparación a la referencia de B. F. Goodrich excelentes propiedades de viscosidad inicial como con respecto - al tiempo mostrando bastante semejanza en la solvatación con excepción de que en nuestro caso presenta estabilidad en dos días y hasta por siete días se tiene menor viscosidad que en la referencia, después de 20 días es mayor la viscosidad en la fórmula base ligeramente, presentando mayor solvatación con respecto al tiempo. (Ver Tablas Nos. 3.2-a y 4.1).

##### Propiedades físicas.

##### Resistencia a la tensión:

Presenta muchas semejanzas, a pesar de que se hicieron a temperaturas diferentes, para la referencia a 177°C se tienen - las mejores propiedades, después de esta temperatura las propiedades empiezan a disminuir ligeramente al aumentar la temperatura arriba de los 177°C siempre y cuando no se presente degradación en el producto por un cambio de color.

##### Deformación:

A 177°C se tiene la deformación más alta, 4.27 para la - referencia de B. F. Goodrich, y para la fórmula base 4.667 la -

TABLA NO. 4.1

PROPIEDADES DE FLUJO CON RESINA DE MEZCLA

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	2	3	4		
VINYCEL 121	100	100	100	100		
DOP	60	60	60	60		
MARK 495	2	2	2	2		
<b>1. VINYCEL 100 x 122</b>						
HOMOPOLIMERO PVC		10	20	30		
<b>VISCOSIDAD BROOK -</b>		<b>CPS</b>	<b>CPS</b>	<b>CPS</b>	<b>CPS</b>	
<b>FIELD MODELO LVF</b>						
<b>ESPIGA 4</b>						
inicial	6 RPM	4,500	4,200	5,500	6,500	
28°C	12 RPM	4,300	4,000	5,000	6,000	
	30 RPM	3,900	3,700	4,800	5,300	
5 días	6 RPM	22,000	19,500	22,500	42,500	
	22°C	12 RPM	17,800	17,000	19,000	39,500
		30 RPM	13,400	14,700	16,000	
7 días	6 RPM	22,000	25,000	35,000	54,000	
	22°C	12 RPM	18,250	21,000	29,500	45,000
		30 RPM	14,300	16,800		

cual es ligeramente mayor.

Sólo contamos con tres puntos de referencia para comparar con nuestro estudio, pero se observó que la resina vinycel 121 - de polycyd, S.A. presentó excelentes propiedades en comparación a la Geon 121 de B. F. Goodrich. (Ver Tablas Nos. 3.2-b y 4.2 - en fórmula base).

4.2 Propiedades que imparte el aditivo con respecto a su concentración al ser agregado en la fórmula base.

4.2.1 PVC, resina de suspensión vinycel 100 x 122.

Fórmulas: 2, 3 y 4 . (Tablas 4.1 y 4.2)

Concentraciones: 10, 20 y 30 pcr.

Propiedades de flujo.

Hasta por dos días no hay efecto en la solvatación de este aditivo y el comportamiento es similar a la fórmula base, presentando estabilidad en la viscosidad, después de 5 días hay un aumento en la viscosidad comparándola con la fórmula base debido a la solvatación que sufre el aditivo. Al aumentar la concentración, aumenta la solvatación proporcionalmente por absorción de plastificante por las partículas del aditivo.

Para 30 pcr en la fórmula 4 después de dos días y hasta - 10 días, presenta una solvatación brusca, aumentando la viscosidad de 10,000 cps a unos 60,000 cps, con tendencia a estabilizar su viscosidad después de 15 días. (Ver Figura No. 4.1).

Propiedades físicas.

TABLA No. 4,2  
PROPIEDADES FINALES CON RESINA DE MEZCLA

FORMULA NUMERO:	FORMULA BASE	2	3	4	
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
<b>1. VINYCEL 100 X 122</b>					
HOMOPOLIMERO PVC		10	20	30	
ADHESION Kg.	$\bar{x}$	21.333	16.250	14.000	12.000
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$	82.250	84.750	87.750	91.600
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$	191.875	152.335	149.960	200.000
DEFORMACION	$\bar{x}$	4.647	3.261	2.385	2.874
DEFORMACION AL PUNTO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	0.667	0.635	0.229	0.114
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$	98.450	94.515	159.430	235.520
ESFUERZO DE CEDEN- CIA	$\bar{x}$	55.357	67.857	30.000	22.327

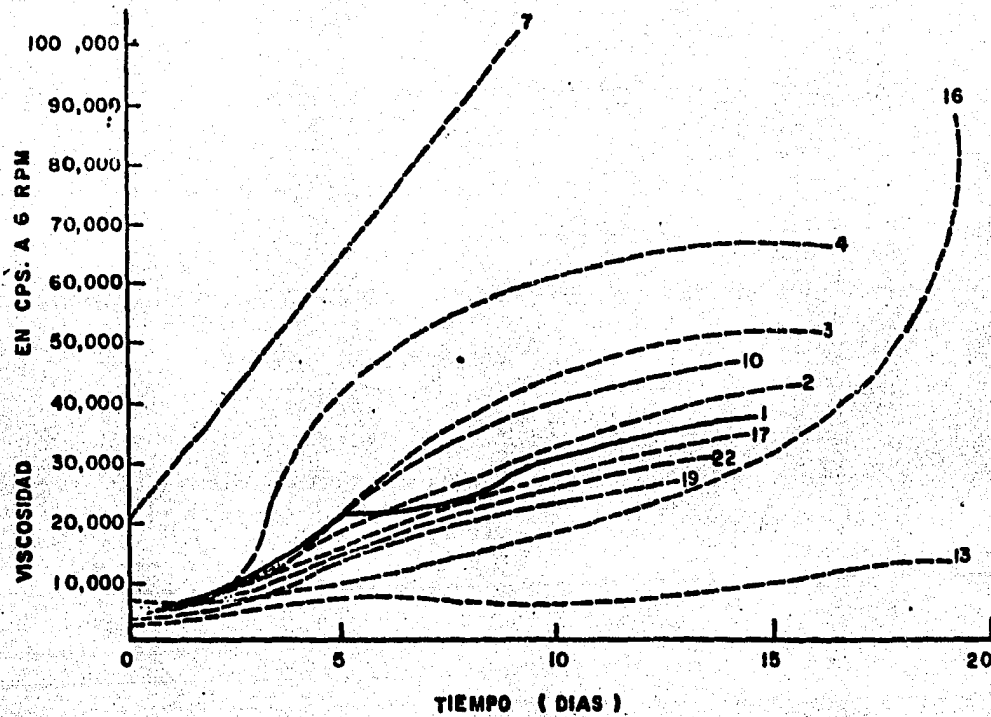


Figura 4.3 Comportamiento de la viscosidad de los experimentos comparados con la fórmula base (1).

#### Adhesión:

Con respecto a la fórmula base, se observó que al agregar el aditivo de vinycel 100 x 122, disminuyó la adhesión del producto terminado con el adhesivo primario de un barniz fenólico - vinílico, aplicado a una lámina estañada y curado en condiciones normales a nivel industrial, para plastitapa de refrescos.

La adhesión fue disminuyendo en forma proporcionada conforme se aumentó la concentración, (Hasta un 44%)

#### Dureza:

Presentó un aumento en la dureza y a medida que se aumentó la concentración fue aumentando esta propiedad. (Un 11%)

#### Resistencia a la tensión:

Hasta 20 partes se presentó una disminución, pero en 30 - partes hubo un aumento con respecto a la fórmula base. (4%)

#### Deformación:

Presentó una disminución en la deformación con respecto a la fórmula base al aumentar la concentración. (Hasta el 48%)

#### Deformación al Punto de Cedencia:

Al aumentar la concentración se disminuyó considerablemente. (hasta un 82%)

#### Módulo Elástico:

En 10 y 20 partes disminuyó ligeramente, pero aumentó no-

tablemente con 30 partes (se presentó un módulo elástico mayor sobre todos los demás experimentos). (Aumentó un 139%)

Esfuerzo de Cedencia:

Con 10 partes aumentó ligeramente. Con 20 y 30 partes - presentó una disminución proporcional a la concentración. (Ver Tabla No. 4.2) (En un 60%)

4.2.2. Carga inerte.  $\text{CaCO}_3$ , carbonato de calcio precipitado, con tamaño de partícula promedio de 1.1. micras.

FORMULAS: 5, 6 y 7. (Tablas 4.3 y 4.4)

Concentraciones; 10, 20 y 30 pcr.

Propiedades de flujo.

Al agregar 10 partes en la fórmula base, presentó un ligero aumento en la viscosidad inicial de 4,500 cps a 6,500 cps, en 9 días, se disparó 10 unidades más que en la fórmula base, de 29,000 cps a 39,000 cps.

Al agregar 20 partes en la fórmula base la viscosidad - inicial se elevó aproximadamente el doble, de 4,500 cps a - - 9,500 cps y en 9 días se elevó 20 unidades más o menos, de - - 29,000 cps a 50,000 cps.

Al agregar 30 pcr en la fórmula de este aditivo se de-- tectó un aumento aproximadamente de 5 veces la viscosidad ini-- cial con respecto a la fórmula base, de 4,500 cps a 21,100 cps y en 9 días aumentó un poco más de 3 veces que en la viscosidad

TABLA No. 4.3.

PROPIEDADES DE FLUJO CON CARBONATO DE CALCIO

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	5	6	7	
VINYLCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
2. CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO (CaCO <sub>3</sub> )					
		10	20	30	
VISCOSIDAD BROOK -- FIELD	CPS	CPS	CPS	CPS	
MODELO LVF ESPIGA 4					
inicial	6 RPM	4,500	6,500	9,500	21,000
28°C	12 RPM	4,300	6,200	9,000	16,500
	30 RPM	3,900	5,100	7,400	12,200
2 días	6 RPM	8,500	13,000	18,000	42,000
	12 RPM	7,500	11,250	17,500	39,000
	30 RPM	6,600	9,800	15,000	
4 días	6 RPM			31,000	58,000
	12 RPM			25,000	49,500
	30 RPM				
9 días	6 RPM	29,000	39,000	50,000	99,500
	12 RPM	22,500	33,750	39,500	
	30 RPM	16,600			



con respecto al tiempo de la fórmula base, de 29,000 cps a -  
99,000 cps.

El comportamiento de la viscosidad con respecto al tiempo es lineal en un tiempo de 10 días que se hizo la medición y al aumentar la concentración se observa un incremento en la pendiente de la recta, la solvatación tiende a un límite, después de un tiempo considerable; si se agita el plastisol se observa que la viscosidad en reposo tiende a bajar. (Ver figura No. 4.2 y Tabla No. 4.3).

#### Propiedades físicas.

##### Adhesión:

Se observó que el  $\text{CaCO}_3$ , es un excelente promotor de la adhesión y a medida que se aumentó la concentración fué aumentando la adhesión hasta un 40% con respecto a la fórmula base.

##### Dureza:

Ligeramente hubo un aumento en esta propiedad, al aumentar la concentración la dureza no se ve afectada, manteniéndose más o menos constante. (aumentó un 5%).

##### Resistencia a la Tensión:

Hubo una ligera disminución, pero al aumentar la concentración esta propiedad también tiende a ser constante. (12%)

##### Deformación:

Ligeramente disminuyó y al aumentar la concentración se

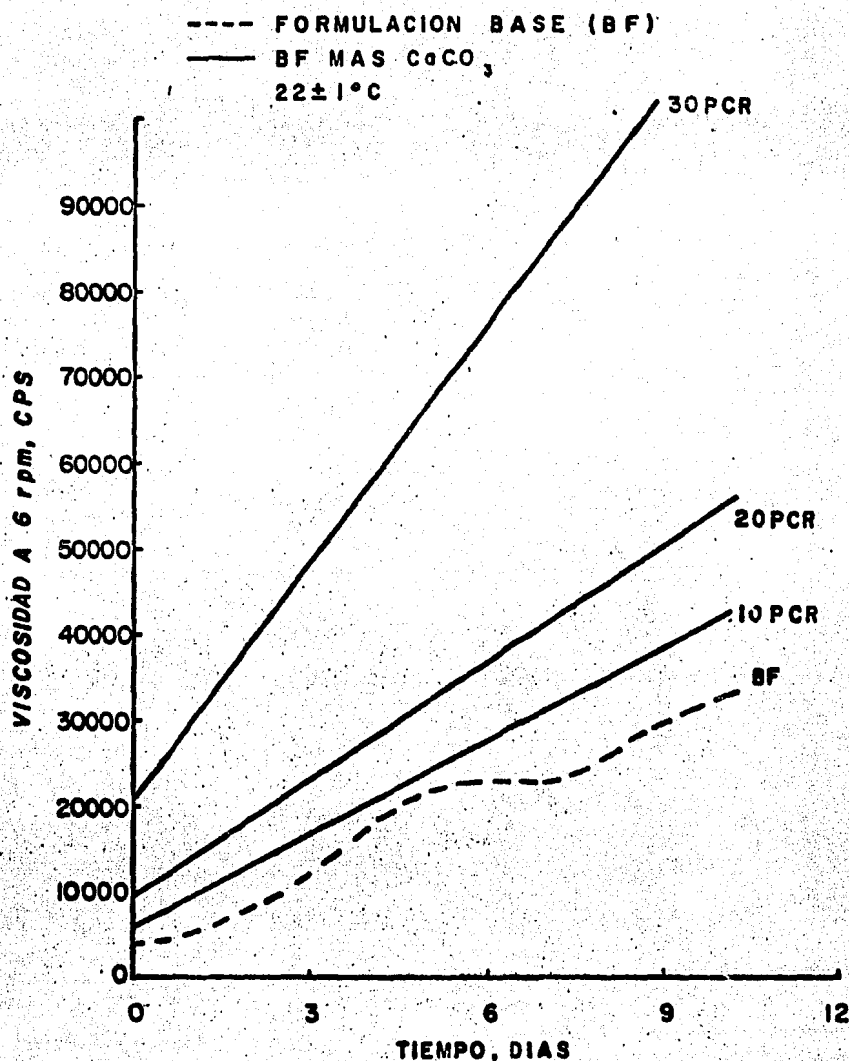


Figura 4.2 Comportamiento de la viscosidad con carbonato de calcio precipitado comparado con la fórmula base (BF).

TABLA NO. 4.4

PROPIEDADES FINALES CON CARBONATO DE CALCIO.

FORMULA NUMERO:	Fórmula	5	6	7	
	Base				
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
2. CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO - $\text{CaCO}_3$ )					
		10	20	30	
ADHESION Kg.	$\bar{x}$	21.333	26.333	27.000	30.250
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$	82.250	85.000	86.600	85.800
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$	191.875	160.040	167.545	167.170
DEFORMACION	$\bar{x}$	4.647	4.110	4.551	3.834
DEFORMACION AL PUNTO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	0.667	0.231	0.285	0.404
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$	98.450	111.58	117.470	104.065
ESFUERZO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	55.357	27.143	27.143	40.000

mantuvo constante. (disminuyó un 17%)

**Deformación al Punto de Cedencia:**

Hubo la tendencia a bajarla considerablemente. (hasta un 75%)

**Módulo Elástico:**

Presentó un aumento considerablemente. (20%)

**Esfuerzo de Cedencia:**

Esta propiedad sufrió una disminución considerable y al aumentar la concentración, se mantuvo más o menos constante. (Ver Tabla No. 4.4). (bajó hasta 50%)

**4.2.3. Ester Vinílico. Vinycel 138.**

Fórmulas: 8, 9 y 10 (Tabla 4.5 y 4.6)

Concentraciones: 3, 7 y 12 pcr.

**Propiedades de flujo.**

Hasta por 7 días el comportamiento fue similar a la fórmula base para las tres concentraciones, se empieza a notar la solvatación en 12 pcr, hay un ligero aumento en la viscosidad inicial y después de 12 días alcanza una viscosidad de 40,000 cps. El comportamiento es parecido a la vinycel 100 x 122. (Ver Tabla No. 4.5)

**Propiedades físicas.**

**Adhesión:**

TABLA No. 4.5

PROPIEDADES DE FLUJO CON RESINA VINYCEL 138

FORMULA NUMERO:	Fórmula				
	Base	8	9	10	
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
<b>3. VINYCEL 138</b>					
ESTER VINILICO		3	7	12	
<b>VISCOSIDAD BROOK -- CPS CPS CPS CPS</b>					
<b>FIELD MODELO LVF</b>					
<b>ESPIGA 4</b>					
inicial	6 RPM	4,500	5,000	4,500	5,800
28°C	12 RPM	4,300	4,250	4,000	5,750
	30 RPM	3,900	3,900	3,600	5,100
2 días	6 RPM	8,500	7,500	8,000	
	12 RPM	7,500	7,000	7,250	
	30 RPM	6,600	6,300	6,400	
7 días	6 RPM	22,500	19,000	21,000	24,500
	12 RPM	18,250	16,500	17,500	18,000
	30 RPM	14,300	13,000	14,100	15,500
12 días	6 RPM		28,000	28,000	40,000
	12 RPM		23,250	22,500	34,500
	30 RPM		18,600	18,100	

Contrariamente a lo que se esperaba, este aditivo bajó la adhesión notablemente y al aumentar la concentración, persistió la disminución de la adhesión. (Hasta 39%)

**Dureza:**

Ligeramente aumentó y al aumentar la concentración presentó un ligero aumento. (6%)

**Resistencia a la Tensión:**

Sólo para 3 pcr hubo un ligero aumento, después para 7 y 12 pcr bajó ligeramente. (10%)

**Deformación:**

También para 3 pcr hubo un ligero aumento, después para 7 y 12 pcr, tendió a bajar esta propiedad. (16%)

**Deformación al Punto de Cedencia:**

Esta propiedad al aumentar la concentración tuvo una ligera disminución.

**Módulo Elástico:**

Sólo ligeramente bajó esta propiedad, al aumentar la concentración hay una tendencia a recuperar el valor de la fórmula base. (bajó 10%)

**Esfuerzo de Cedencia:**

Hay un ligero descenso y a medida que aumenta la concentración baja proporcionalmente. (Ver Tabla No. 4:6), (32%)

TABLA NO. 4.6

PROPIEDADES FINALES CON RESINA VINYCEL 138

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	8	9	10	
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
<b>3.VINYCEL 138</b>					
ESTER VINILICO		3	7	12	
ADHESION Kg.	$\bar{x}$	21.333	17.667	13,000	13.667
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$	82.250	84.800	84.00	86.800
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$	191.875	201.785	158.353	174.330
DEFORMACION	$\bar{x}$	4.647	4.869	3.323	3.899
DEFORMACION AL PUNTO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	0.667	0.529	0.481	0.442
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$	98.450	83.673	89.863	91.527
ESFUERZO DE CEDEN CIA	$\bar{x}$	55.357	44.643	40.000	37.143

4.2.4 Plastificante Secundario. Aceite epoxidado de soya.

Fórmulas: 11, 12 y 13 (Tablas 4.7 y 4.8).

Concentraciones: 3, 7 y 12 por .

#### Propiedades de flujo.

Este aditivo es un buen reductor de la viscosidad inicial, a medida que se aumenta la concentración sigue bajando - la viscosidad proporcionalmente, es el aditivo que mejor estabiliza la viscosidad con respecto al tiempo, ya que recubre la partícula de la resina, impidiendo que continúe una solvatación brusca (penetración continua del plastificante en el poro de la partícula, conforme pasa el tiempo).

Presentan un plastisol de baja viscosidad inicial (menos 5,000 cps) y en un lapso de 7 días, se le considera un plastisol de viscosidad media (menos de 15,000 cps). (Ver Tabla No. 4.7).

#### Propiedades físicas.

##### Adhesión:

Es el aditivo que más afecta a esa propiedad y la continúa bajando conforme aumenta la concentración; debilita la interfase del plastisol y del adhesivo primario del barniz fenólico vinílico, por ser un aceite que debilita el anclaje mecánico por lubricación de las partículas por recubrimiento. (baja 63%)

##### Dureza:

Hasta 3 por no afecta a la dureza pero al aumentar su concentración disminuye en forma proporcional. (hasta 10%)



TABLA No. 4.7

PROPIEDADES DE FLUJO CON ACEITE EPOXIDADO DE SOYA

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	11	12	13		
VINYCEL 121	100	100	100	100		
DOP	60	60	60	60		
MARK 495	2	2	2	2		
4. EPOXIDADO DE SOYA ACEITE		3	7	12		
VISCOSIDAD BROOK --	CPS	CPS	CPS	CPS		
FIEL MODELO LVF						
ESPIGA 4						
inicial	6 RPM	4,500	4,000	3,000	2,500	
28°C	12 RPM	4,300	3,900	2,750	2,500	
	30 RPM	3,900	3,600	2,700	6,200	
5 días	6 RPM	22,000	7,000	5,500	7,400	
	22°C	12 RPM	17,800	6,500	5,250	6,750
		30 RPM	13,400	6,000	5,000	6,200
7 días	6 RPM	22,500	14,500	10,500	8,000	
	22°C	12 RPM	18,250	12,750	9,750	7,250
		30 RPM	14,300	10,300	8,400	6,320
10 días	6 RPM		19,500	14,000		
	22°C	12 RPM		16,000	12,250	
		30 RPM		14,400	9,800	

**Resistencia a la Tensión:**

Presenta una disminución conforme aumenta la concentración. (hasta un 15%)

**Deformación:**

Disminuye ligeramente y tiende a ser constante, (17%)

**Deformación al Punto de Cedencia:**

Para concentraciones menores de 7 pcr, no le afecta, para concentraciones superiores presenta un aumento considerablemente, (se tiene el valor más alto de todos los experimentos). (42%)

**Módulo Elástico:**

Lo baja proporcionalmente conforme baja la concentración,

**Esfuerzo de Cedencia:**

Lo baja ligeramente y después lo mantiene constante conforme aumenta la concentración. (Ver Tabla No. 4.8).

**4.2.5 Copoacetato, Vinytel 431.**

Fórmulas: 14, 15 y 16. (Tablas 4.9 y 4.10)

Concentraciones: 1, 5 y 7 pcr.

**Propiedades de flujo.**

Baja la viscosidad inicial para 1 y 5 pcr, en 7 pcr presenta la misma viscosidad inicial que en la fórmula base, en 6

TABLA No. 4.8.

PROPIEDADES FINALES CON ACEITE EPOXIDADO DE SOYA

FORMULA NUMERO:	Fórmula				
	Base	11	12	13	
VINICEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
4. EPOXIDADO DE SOYA ACEITE		3	7	12	
ADHESION Kg.	$\bar{x}$	21.333	14.333	10.000	8.000
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$	82.250	82.600	78.000	73.600
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$	191.875	176.79	136.415	164.120
DEFORMACION	$\bar{x}$	4.647	3.860	3.095	4.308
DEFORMACION AL PUNTO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	0.667	0.538	0.558	0.952
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$	98.950	84.09	69.035	50.590
ESFUERZO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	55.357	40.000	40.000	45.714

días se estabiliza la viscosidad y conforme aumenta la concentración la estabiliza mejor, pero después de 15 días empieza una solvatación brusca y aumenta conforme se aumenta la concentración, llegando a una solvatación total para 7 pcr (después de 15 días presenta una curva de forma exponencial con un aumento considerable en la pendiente) y al aplicarle una agitación, no baja su viscosidad. (Ver Tabla No. 4.9).

#### Propiedades físicas.

No se pueden hacer comentarios sobre estos efectos ya que esta resina no alcanzó la temperatura óptima de curado del plastisol y se degradó el producto, tomando un color rojizo desde una pcr, pero se probaron las muestras aún degradadas. (Ver Tabla No. 4.10).

#### 4.2.6 Modificador de impacto acrílico. Paraloid K-120-ND,

Fórmulas: 17, 18 y 19 (Tablas 4.11 y 4.12),

Concentraciones: 1, 4 y 7 pcr.

#### Propiedades de flujo.

No afecta a la viscosidad inicial al aumentar estas concentraciones, pero la estabiliza y conforme se aumenta la concentración mejora la estabilidad a la viscosidad con respecto al tiempo. En dos días, se comporta ligeramente superior que en la fórmula base, después de cinco días la viscosidad es menor que en la fórmula base. (Ver Tabla No. 4.11)

TABLA No. 4.9.

PROPIEDADES DE FLUJO CON RESINA VINYCEL 431

FORMULA NUMERO:	Formula Base	14	15	16	
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
5. VINYCEL 431					
COPOLIMERO ACE-					
tato		1	5	7	
VISCOSIDAD BROOK --					
FIELD MODELA LVF					
ESPIGA 4					
inicial	6 RPM	4,500	4,000	3,600	4,500
28°C	12 RPM	4,300	3,500	3,500	4,400
	30 RPM	3,900	3,400	3,000	3,880
4 dias	6 RPM		23,500	10,500	12,300
	12 RPM		19,250	9,500	7,000
	30 RPM		15,400	8,600	6,400
6 dias	6 RPM		18,500	14,500	12,300
	12 RPM		14,250	11,800	11,000
	30 RPM		12,300	9,800	9,460
17 dias	6 RPM		28,500	36,000	40,000
	12 RPM		23,500	28,250	33,250
	30 RPM		19,700		

TABLA No. 4.10

PROPIEDADES FINALES CON RESINA VINYCEL 431

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	14	15	16
VINYCEL 121	100	100	100	100
DOP	60	60	60	60
MARK 495	2	2	2	2
5. VINYCEL 431				
COPOLIMERO ACETA				
TO				
		1	5	7
ADHESION Kg.	$\bar{x}$ 21.333	13.000	17.333	26.667
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$ 82.250	85.400	85.000	85.200
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$ 191.875	185.730	166.837	132.015
DEFORMACION	$\bar{x}$ 4.647	4.064	3.991	2.907
DEFORMACION AL PUNTO DE CEDENCIA	$\bar{x}$ 0.667	0.405	0.738	0.654
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$ 98.950	97.865	76.740	72.960
ESFUERZO DE CE- DENCIA	$\bar{x}$ 55.357	37.143	50.000	41.667

### Propiedades físicas,

#### Adhesión:

Presentó una ligera baja en esta propiedad pero a medida que se aumentó la concentración hubo una tendencia a recuperar el valor obtenido en la formula base.

#### Dureza:

Hubo un aumento considerable en la dureza, semejante al que presentó la resina vinycol 100 x 122. (7%)

#### Resistencia a la Tensión:

Es el aditivo que mejor aumentó esta propiedad hasta un 25% conforme al valor que se observó en la fórmula base.

#### Deformación:

Esta propiedad se mantuvo más o menos constante.

#### Deformación al Punto de Cedencia:

Ligeramente bajó y se mantuvo constante al aumentar la concentración de 1 pcr a 4 pcr y volvió a bajar ligeramente en 7 pcr. (hasta 46%)

#### Módulo Elástico:

Presentó un aumento considerable y conforme se aumentó la concentración, comparado este con el  $\text{CaCO}_3$ , con 7 pcr de un valor de 114.417 y para el  $\text{CaCO}_3$  con 10 pcr da un valor de 111.58. (16%)

#### Esfuerzo de Cedencia:

Ligeramente baja y se mantiene más o menos constante, -- al aumentar la concentración presenta una tendencia a conti--nuar disminuyendo. (Ver Tabla No. 4.12), (22%)

4.2.7 Agente Esponjante, (Azodicarbonamida) Concentricel 125  
Fórmulas: 20, 21 y 22 (Tablas 4.13 y 4.14)  
Concentraciones: 1, 2 y 3 pcr.

#### Propiedades de flujo,

Para concentraciones mayores a 2 pcr presentan una disminución en la viscosidad inicial, conforme aumenta la concentración persiste a seguir bajando. También estabiliza a la viscosidad con respecto al tiempo de manera semejante al Paraloid K-120-ND. (Ver Tabla No. 4.13)

#### Propiedades físicas.

##### Adhesión:

De una manera semejante que el aceite epoxidado de soya bajó considerablemente en un 70% la adhesión, pero este -- fue porque hubo menor área de contacto al bajar la densidad -- por el número de celdas.

##### Dureza:

Baja, porque disminuyó la densidad, al aumentar la concentración, se incrementa el número de celdas y la dureza se ve disminuida proporcionalmente. (hasta un 20%)



TABLA No. 4.11

PROPIEDADES DE FLUJO CON PARALOID K-120-ND.

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	17	18	19
VINYCEL 121	100	100	100	100
DOP	60	60	60	60
MARK	2	2	2	2
6. PARALOID K 120 ND HOMOPOLIMERO ACRILICO				
		1	4	7
VISCOSIDAD BROOK -- FIELD MODELO LVF ESPIGA 4	CPS	CPS	CPS	CPS
inicial      6 RPM	4,500	4,300	4,700	4,500
28°C      12 RPM	4,300	4,000	4,500	4,500
30 RPM	3,900	3,700	4,200	4,100
2 días      6 RPM	8,500		9,000	10,400
22°C      12 RPM	7,500		8,500	9,200
30 RPM	6,600		7,600	7,900
13 días     6 RPM	37,000		30,500	24,600
22°C      12 RPM	26,750		22,800	21,750
30 RPM			17,200	17,600
16 días     6 RPM		33,200	30,500	27,000
22°C      12 RPM		27,500	25,250	22,250
30 RPM				18,700

TABLA No. 4.12

PROPIEDADES FINALES CON PARALOID K-120-ND.

FORMULA NUMERO:	Fórmula				
	Base	17	18	19	
VINYLCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
6. PARALOID K 120 ND HOMOPOLIMERO ACRILICO					
		1	4	7	
ADHESION Kg.	$\bar{x}$	21,333	15,500	17,667	20,667
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$	82.250	85.000	88.000	84.200
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$	191.875	201.390	220.716	210.953
DEFORMACION	$\bar{x}$	4.647	4.337	4.647	4.728
DEFORMACION AL PUNTO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	0.667	0.500	0.500	0.429
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$	98.950	101.948	108.510	114.417
ESFUERZO DE CE- DENCIA	$\bar{x}$	55.357	44.643	50.00	42.857

#### Resistencia a la Tensión:

Esta propiedad fue muy afectada por más de un 60%, - por la misma razón de bajar la densidad del producto, y al aumentar la concentración sigue bajando (debido al número de celdas).

#### Deformación:

Baja considerablemente en un 50%, debido al número de celdas.

#### Módulo Elástico:

También se ve afectado por la densidad del producto y al aumentar la concentración continúa bajando. (47%)

#### Esfuerzo de Cedencia:

Disminuye radicalmente y al aumentar la concentración hubo la tendencia a recuperarse. (Ver Tabla No. 4.14) (76%)

#### 4.3 Propiedades generales de flujo de los plastisoles.

Los plastisoles presentan flujo no newtoniano. Se observa que al aumentar la velocidad del corte de 6, 12 y 30 rpm en un viscosímetro Brookfield LVF, disminuye la viscosidad en los plastisoles por lo que presentan un comportamiento tixotrópico. (Ver Fig. No. 4.3).

Por lo general los plastisoles presentan baja viscosidad inicial (menos de 5000 cps) excepto para el aditivo viny--

TABLA No. 4.13

PROPIEDADES DE FLUJO CON AZODICARBONAMIDA

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	20	21	22
VINYCEL 121	100	100	100	100
DOP	60	60	60	60
MARK 495	2	2	2	2
<hr/>				
7. CONCENTRICEL 125 (AZODICARBONAMIDA)		1	2	3
<hr/>				
VISCOSIDAD BROOK -- FIELD MODELO LVF ESPIGA 4	CPS	CPS	CPS	CPS
inicial      6 RPM	4,500	4,600	4,400	3,200
28°C      12 RPM	4,300	3,550	4,000	3,000
30 RPM	3,900	3,320	3,620	2,900
<hr/>				
3 días      6 RPM		12,000	14,500	13,000
22°C      12 RPM		11,000	13,000	11,500
30 RPM		9,040	11,120	9,120
<hr/>				
11 días      6 RPM		27,700	29,000	25,200
22°C      12 RPM		22,500	23,700	20,250
30 RPM		16,920	18,800	14,700

TABLA No. 4.14

PROPIEDADES FINALES CON AZODICARBONAMIDA

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	20	21	22	
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
<b>7. CONCENTRICEL 125</b>					
<b>(AZODICARBONAMIDA)</b>					
		1	2	3	
ADHESION Kg.	$\bar{x}$	21.333	8.330	7.200	7.200
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$	82.250	73.000	70.000	66.000
RESISTENCIA A LA TENSION Kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$	191.875	76.575	89.187	73.925
DEFORMACION	$\bar{x}$	4.647	2.339	2.010	2.171
DEFORMACION AL PUNTO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	0.667	0.243	0.192	0.623
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$	98.950	70.930	87.607	52.54
ESFUERZO DE CE- DENCIA	$\bar{x}$	55.357	12,500	13.192	30.714

09

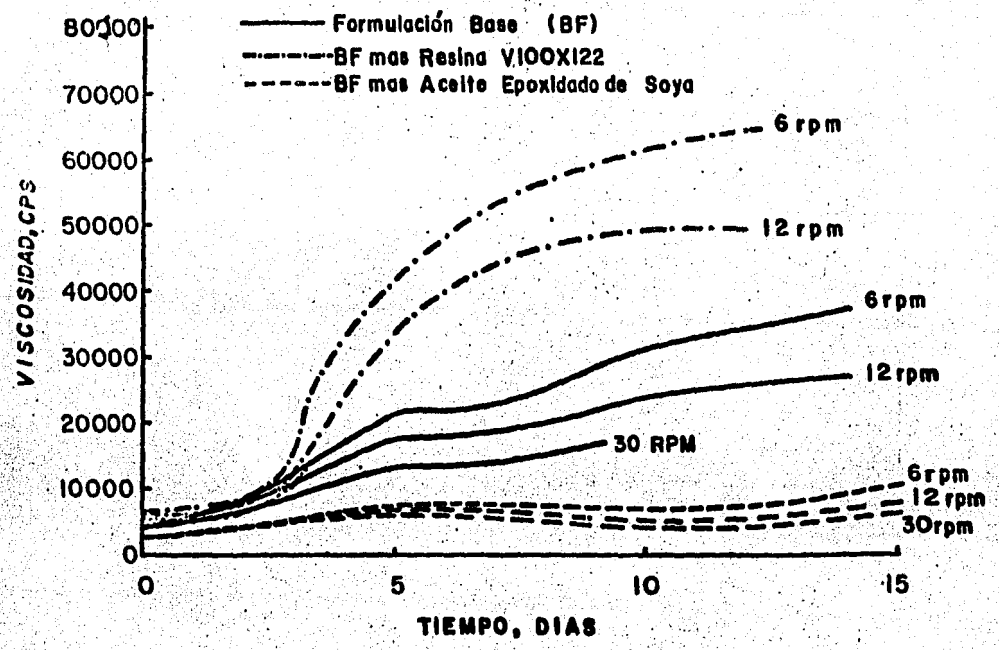


Figura 4.3 Comportamiento de la viscosidad a diferentes velocidades de corte.

cel 100 x 122 a 20 y 30 pcr y, para el  $\text{CaCO}_3$  con una concentración de 20 y 30 pcr, que presenta una viscosidad media entre - (5,000 a 15,000 cps).

Para 30 pcr de  $\text{CaCO}_3$  presenta un plastisol de alta viscosidad inicial, (mayor de 15,000 cps) y en 10 días alcanza una viscosidad superior a los 100,000 cps. En esta formulación se debe de aplicar inmediatamente después de preparar el plastisol para evitar problemas en el proceso.

Se observa que con 60 partes del plastificante no se presenta el efecto dilatante, pero con niveles inferiores a las - 40 partes de plastificante por 100 de resina, se presenta este efecto, aumentando la viscosidad al aumentar la velocidad de - corte y puede llegar a la solvatación total. (Ver figura No. - 4.6)

En todos los experimentos la solvatación tiende a un límite, con una pendiente constante de la viscosidad con respecto al tiempo, con excepción de la vinycel 431 que llega a una solvatación total o mayor con respecto al tiempo y no baja su viscosidad al aplicarle agitación; en los demás al agitar los plastisoles nuevamente baja la viscosidad de reposo. El aditivo que no alcanzó la temperatura óptima de curado fue la resina de acetato de vinilo vinycel 431, que se degrada antes de al-cansar la temperatura óptima de curado, por lo que los efectos en las propiedades físicas no son representativos para el análisis del efecto del aditivo y su concentración.

En todos los experimentos se observó que hay una estabilidad en la viscosidad hasta por dos días, con excepción del preparado con carbonato de calcio para 20 y 30 pcr que en dos días alcanza una viscosidad de 18,000 cps para 20 pcr, y de -- 42,000 cps para 30 pcr: en estas concentraciones la solvatación se comporta en forma lineal para un término de 10 días, donde la viscosidad con 30 pcr de  $\text{CaCO}_3$  es el doble que si se hubiera usado 20 partes. Esta solvatación tiende a un límite y la pendiente de la curva de viscosidad con respecto al tiempo, -- tiende a cero, después de un tiempo al agitar el plastisol baja su viscosidad de reposo.

Los aditivos que no absorben plastificante tienden a estabilizar mejor la viscosidad con respecto al tiempo, suavizando la curva de viscosidad de la fórmula base y presentando una pendiente ligeramente menor.

El aditivo que mejor bajó la viscosidad inicial y la mantuvo casi constante con respecto al tiempo, fue el aceite epoxidado de soya, después el Paraloid K-120-ND, concentricel 125, vinycel 100 x 122 estabiliza la viscosidad con 10 pcr, pero en 15 días la pendiente es ligeramente mayor que en la fórmula base. (Ver figura No. 4.6).

Siempre que se habla de la viscosidad de plastisoles se está hablando de una viscosidad aparente, y cuando se hace una observación de esta propiedad se refiere a una viscosidad medida a 6 rpm en viscosímetro Brookfiel Modelo LVP, espiga No. 4.



#### 4.4 Propiedades en la deaereación.

Si no se hace deaereación al plastisol queda aire ocluido que se atrapa durante el mezclado, también se queda atrapada la humedad y los volátiles de los aditivos que intervienen en la formulación.

##### 4.4.1 Fórmula base sin deaereación (fórmula uno). Tablas 4.15 y 4.16. Propiedades de flujo.

Baja ligeramente la viscosidad y la solvatación con respecto al tiempo, es muy parecida a la que sí se le hizo la deaereación. (Ver Tabla No. 4.15).

##### Propiedades físicas.

Las propiedades físicas se ven afectadas notablemente - debido a que las burbujas de aire atrapadas en el producto se tornan puntos vulnerables que ceden a la resistencia.

La dureza no fue afectada, pero las demás propiedades - se afectaron ligeramente, debido a que se dejó reposar el plástisol durante un tiempo considerable en que tuvo lugar la liberación de la mayoría del aire atrapado, de tal manera que si - se hubiera curado inmediatamente de haberse preparado el plastisol, se apreciaría mejor el efecto del aire atrapado en todas las propiedades, disminuyéndolas notablemente.

También en el producto terminado afecta notablemente pre

sentando mala calidad. Los plastisoles a los que no se les ha hecho deaereación presentan burbujas y ampollas en el producto -- terminado.

En productos transparentes es necesaria la deaereación -- de los plastisoles, a medida que se tenga una deaereación eficiente, se tendrán mejores productos transparentes y en una de aereación incompleta se tendrán menos transparentes, por la diferencia del índice de refracción del aire atrapado y de los -- aditivos que intervienen en la formulación del plastisol, que es de:  $1.485 - 1.00 = 0.485$ . (Ver Tabla No. 4.16)

#### 4.4.2 Fórmula siete, sin deaereación

##### Propiedades de flujo.

Hubo un aumento considerable en la viscosidad inicial, de 21,000 a 25,000 cps con 8 días quedó fuera de escala del -- viscosímetro; mientras que para la fórmula para la que se le -- hizo deaereación en nueve días alcanzó una viscosidad de 99,500 cps, por lo que se observa que el aire atrapado afecta ligeramente a la viscosidad. (Ver Tabla No. 4.15)

##### Propiedades físicas.

##### Adhesión:

Bajó considerablemente de  $30.250 \text{ kg/cm}^2$  a  $27.333 \text{ Kg/cm}^2$ , esto se debe a que disminuye el área de contacto por las burbujas atrapadas en el producto.

TABLA No. 4.15

PROPIEDADES DE FLUJO DE LAS FORMULAS BASE Y CON CARBONATO DE CALCIO CON Y SIN DEAERACION.

CON 30 DIAS DE REPOSO		CON DEAERACION		SIN DEAERACION	
FORMULA NUMERO:	Formula	7	Formula	7	
	Base		Base		
VINICEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO			30		30
VISCOSIDAD BROOKFIELD		CPS	CPS	CPS	CPS
MODELO LVF					
ESPIGA 4					
Inicial	6 RPM	4,500	21,000	3,500	25,000
22°C	12 RPM	4,300	16,500	3,250	21,000
	30 RPM	3,900	12,200	3,100	14,880
8 Días	6 RPM			22,400	Fuera - de escala
	12 RPM			19,300	
	30 RPM			15,460	
9 Días	6 RPM	29,000	99,500		
	12 RPM	22,500			
	30 RPM	16,600			

**Dureza:**

No afecta a esta propiedad.

**Resistencia a la Tensión:**

Baja considerablemente, ya que las burbujas de aire atrapadas vienen siendo puntos vulnerables a la ruptura.

**Deformación:**

Esta propiedad no fue afectada.

**Módulo elástico:**

Presentó un aumento considerable en un 25%, en comparación que cuando sí se le hizo deaeración.

**Esfuerzo de Cedencia:**

Esta propiedad se mantuvo constante, no la afectó el aire ocluido.

**Calidad de Producto terminado:**

Se ve afectada notablemente ya que presenta burbujas y ampollas que le imparten defectos de acabado en la superficie del producto. (Ver Tabla No. 4.16).

4.5 Optimización de propiedades para tres formulaciones, combinando más de un aditivo a una concentración en base a los 21 experimentos.

4.5.1 Fórmula: 23 (Tablas 4.17-a, 4.17-b y 4.18)

Concentraciones de 20 pcr de  $\text{CaCO}_3$  y 7 pcr de epoxidado de soya.

TABLA No. 4.16

PROPIEDADES FINALES DE LAS FORMULAS BASE Y CON CARBONATO DE CALCIO CON Y SIN DEAREACION

CON 30 DIAS DE REPOSO		CON DEAREACION		SIN DEAREACION	
FORMULA NUMERO:	Formula	7	Formula	7	
	Base		Base		
VINYCEL 121	100	100	100	100	100
DOP	60	60	60	60	60
MARK 495	2	2	2	2	2
CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO $\text{CaCO}_3$					
		30			30
ADHESION Kg.	$\bar{x}$	21.333	30.250	20.667	27.333
DUREZA SHORE A	$\bar{x}$	82.250	85.800	82.400	86.000
RESISTENCIA A LA TENSION $\text{Kg/cm}^2$	$\bar{x}$	191.875	167.170	153.835	154.400
DEFORMACION	$\bar{x}$	4.647	3.834	3.563	3.288
DEFORMACION AL PUN TO DE CEDENCIA	$\bar{x}$	0.667	0.404	0.593	0.392
MODULO ELASTICO	$\bar{x}$	98.450	104.065	95.300	133.315
ESFUERZO DE CE DENCIA	$\bar{x}$	55.357	40.000	42.957	41.667

### Propiedades de flujo

La viscosidad inicial es de 8,500 cps, aproximadamente el doble que en la fórmula base de 5,500 cps. La solvatación más fuerte se presenta dentro de los primeros 7 días y después de ese tiempo la pendiente de la curva se hace casi cero; es decir, hay una tendencia a la estabilización de la viscosidad, en un término de 12 días la viscosidad es menor comparándola con la fórmula base de 27,200 cps contra 35,000 cps, a partir de los 12 días existe la tendencia a estabilizarse la viscosidad y es por debajo de la curva que presenta la fórmula base. (Ver Fig. 4.4 y Tabla No. 4.17-a y b),

### Propiedades físicas.

#### Adhesión:

Al usar 7 pcr de aceite epoxidado de soya y 20 pcr de  $\text{CaCO}_3$ , persistió la excelente promoción de adhesión de  $\text{CaCO}_3$ , y sólo hubo una ligera disminución de 27 Kg., a 25,800 Kg.

#### Dureza:

Sólo ligeramente bajó esta propiedad, porque el epoxidado de soya flexibiliza al producto. (4%)

#### Resistencia a la Tensión:

También ligeramente se disminuye esa propiedad, ya que tanto el epoxidado de soya como el carbonato de calcio la bajan, pero combinados fue menor el efecto que cuando se usaron en forma separada en las fórmulas 6 y 12. (2%)

**Deformación:**

Hubo un ligero aumento con respecto a la fórmula base, y estos aditivos por separado bajan esta propiedad ligeramente.

**Deformación al Punto de Cedencia:**

Ligeramente se bajó esta propiedad conforme a la fórmula base, ya que el  $\text{CaCO}_3$  la baja considerablemente y el epoxidado de soya tiende a aumentarla ligeramente. (20%)

**Módulo Elástico:**

Se baja ligeramente, ya que el  $\text{CaCO}_3$  la aumenta ligeramente, pero el epoxidado de soya lo disminuye de manera considerable. (30%)

**Esfuerzo de Cedencia:**

Bajó considerablemente, ya que los dos aditivos tienen la tendencia a bajar esta propiedad. (Ver Tabla No. 4.18).

**4.5.2 Fórmula 24. (Tablas 4.17-a y b, 4.18)**

Concentraciones: 3 pcr de aceite epoxidado de soya, 4 pcr de modificador de impacto acrílico, Paraloid K-120-ND.

**Propiedades de flujo**

La viscosidad inicial fue ligeramente superior que en la fórmula base y en 2 días persistió; después de 3 días se manifestó la estabilidad de la viscosidad y el comportamiento es mejor que si se hubiera usado sólo 7 pcr de epoxidado de soya,

como en la fórmula 12, pero ligeramente inferior que si se emplearan concentraciones de 12 pcr en forma única como en la fórmula 13 donde en 18 días tiene una viscosidad de 14,000 -- cps. Para la fórmula 24 en 20 días alcanzó una viscosidad de 20,000 cps a 6 rpm; para 32 días alcanzó una viscosidad de -- 24,000 cps (al aplicar la agitación baja en un 40% esta viscosidad, o sea a 9,400 cps). (Ver Fig. No. 4.4 y Tablas Nos. -- 4.17-a y b.)

#### Propiedades físicas

##### Adhesión:

Se esperaba que bajara la adhesión, pero estos aditivos en forma combinada la aumentaron considerablemente, de 15 Kg. que se esperaban, aumentó a 25,500 Kg., lo que representa un -- 20% de aumento.

##### Dureza:

Se bajó ligeramente al ser flexibilizado el producto por el aceite epoxidado de soya. (6%)

##### Resistencia a la Tensión:

Se registró un pequeño aumento, debido al efecto del modificador de impacto Paraloid K-120-ND, que tiende a subirlo, pero se contrarrestó con el aceite epoxidado de soya que tiene la tendencia a bajarla. (0.02%)

##### Deformación:

Aquí se presentó un aumento ligeramente y se esperaba --



que se mantuviera más o menos constante, (21%)

**Deformación al Punto de Cedencia:**

Se mantuvo constante, ya que el Paraloid K-120-ND, tiene la tendencia a reducirlo y el epoxidado de soya tiene la tendencia a subirlo.

**Módulo Elástico:**

Bajó un 37%, porque el epoxidado de soya lo baja considerablemente, pero el Paraloid K-120-ND tiene la tendencia a subirlo proporcionalmente a su concentración. Se esperaba que se mantuviera más o menos constante.

**Esfuerzo de Cedencia:**

Bajó ligeramente como se esperaba este efecto en función de la combinación de estos 2 aditivos. (Ver Tabla No. 4.18)

**4.5.3 Fórmula 25. (Tablas 4.17-a y b, 4.18).**

Concentraciones: 10 pcr de Vinycol 100 x 122, 10 pcr --  $\text{CaCO}_3$ , 3 pcr de aceite epoxidado de soya.

**Propiedades de flujo**

Se esperaba una viscosidad inicial alta, por el efecto de solvatación de los aditivos:  $\text{CaCO}_3$  y la resina vinycol 100x122, pero dió una viscosidad inicial de 3,500 cps por el efecto de buena estabilidad del aceite epoxidado de soya y la resina de suspensión 100 x 122.

En 2 días la viscosidad subió a 14,000 cps, ligeramente mayor que en la fórmula base; pero en 12 días presentó una mejor estabilidad que en la fórmula base. Para 20 días tenemos una viscosidad de 28,000 cps contra 38,000 cps de la fórmula base referido a 6 rpm, presenta una buena estabilidad en la viscosidad, ya que al aplicarle una agitación se reduce considerablemente la viscosidad de 40,000 cps a 15,000 cps, referida a 6 rpm para un período de 32 días, esto representa el 37.5%. (Ver Fig. No. 4,4 y Tablas No. 4.17-a y b).

#### Propiedades Físicas

##### Adhesión

Presentó un ligero descenso en esta propiedad por el efecto de la resina vinycol 100 x 122, y el aceite epoxidado de soya; en estas combinaciones contrarresta la buena promoción de adhesión del carbonato de calcio. (13%)

##### Dureza:

También el efecto de combinar estos tres aditivos se observa que ligeramente bajó la dureza y se debe a que el aceite epoxidado de soya flexibiliza al producto. (2%)

##### Resistencia a la Tensión:

Presentó un aumento considerable a un 10% y se esperaba que disminuyera esta propiedad ya que por separado estos aditivos tiende la tendencia a bajar la resistencia a la tensión y solo en 30 pcr de vinycol 100 x 122 se registró en aumento.

#### **Deformación:**

Sólo ligeramente una disminución en esta propiedad, ya se esperaba que se diluyera porque estos aditivos tienen la tendencia a bajar la deformación. (8%)

#### **Deformación al Punto de Cedencia:**

Esta propiedad más o menos se mantuvo constante y se esperaba que fuera afectada en mayor grado. (bajó añ 5%)

#### **Módulo Elástico:**

Ligeramente bajó esta propiedad ya que imperó el efecto de disminución del aceite epoxidado de soya. (7%)

#### **Esfuerzo de Cedencia:**

Se registró un ligero aumento en esta propiedad pero se esperaba que bajara ya que los tres aditivos tienen la tendencia a bajarla. (Ver Tabla No. 4.18) (6%)

#### **Propiedades Ópticas:**

En las fórmulas en que intervino el aditivo de Carbonato de Calcio, se observa la opacidad que imparte debido al índice de refracción siendo más alto que en los otros aditivos que intervienen en las formulaciones, que por lo general tienen el mismo índice de refracción, con excepción del azodicarbonamida que también imparte un color ligeramente ámbar y en la vinycel 431 le imparte un color rojizo en el producto terminado, debido a la degradación de este aditivo a estas condiciones de curado.

TABLA No. 4:17-a

PROPIEDADES DE FLUJO EN OPTIMIZACION DE TRES FORMULACIONES.

FORMULA NUMERO:	Fórmula Base	23	24	25
VINYCEL 121	100	100	100	100
DOP	60	60	60	60
MARK 495	2	2	2	2
<hr/>				
1. VINYCEL 100 x 122				
HOMOPOLIMERO PVC				10
<hr/>				
2. CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO				
CaCO <sub>3</sub>		20		10
<hr/>				
3. EPOXIDADO DE SOYA				
ACEITE		7	3	3
<hr/>				
4. PARALOID K-120-ND				
ACRILICO			4	
<hr/>				
VISCOSIDAD BROOKFIELD		CPS	CPS	CPS
MODELO LVF				CPS
ESPIGA 4				
inicial	6 RPM	4,500	8,500	6,000
28°C	12 RPM	4,300	7,500	6,000
	30 RPM	3,900	6,320	5,200
				4,300
<hr/>				
2 Días	6 RPM	8,500	20,000	10,100
22°C	12 RPM	7,500	17,500	8,900
	30 RPM	6,600	14,520	7,600
				11,600
<hr/>				
5 Días	6 RPM	22,500	25,000	11,500
22°C	12 RPM	27,100	21,500	10,600
	30 RPM	13,400	18,200	9,040
				13,400
<hr/>				
7 Días	6 RPM	22,500	31,200	13,400
22°C	12 RPM	18,250	26,000	12,250
	30 RPM	14,300		10,400
				17,280

TABLA NO. 4.17-b

PROPIEDADES DE FLUJO EN LA OPTIMIZACION DE TRES FORMULACIONES.

FORMULA NUMERO:	Formula Base	23	24	25	
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
<hr/>					
1. VINYCEL 100 x 122					
HOMOPOLIMERO PVC				10	
<hr/>					
2. CARBONATO DE CALCIO					
PRECIPITADO CaCO <sub>3</sub>		20		10	
<hr/>					
3. EPOXIDADO DE SOYA					
ACEITE		7	3	3	
<hr/>					
4. PARALOID K-120-ND					
ACRILICO			4		
<hr/>					
12 Dias	6 RPM	35,000	27,200	12,200	19,500
22°C	12 RPM	25,000	22,500	11,150	18,000
	30 RPM	19,000	18,800	9,560	15,000
<hr/>					
20 Dias	6 RPM	48,000	38,600	20,000	28,000
22°C	12 RPM	35,000	32,000	16,250	20,000
	30 RPM			12,250	18,000
<hr/>					
32 Dias	6 RPM		45,600	24,000	40,000
22°C	12 RPM		35,000	19,100	31,000
	30 RPM			14,400	
<hr/>					
32 Dias	6 RPM		19,000	9,400	15,000
Con agitaci3n	12 RPM		17,250	8,650	14,000
22°C	30 RPM		15,100	7,800	12,000
% de disminuci3n			41.6	39.16	37.5

TABLA NO. 4.18

PROPIEDADES FINALES EN LA OPTIMIZACION DE TRES FORMULACIONES.

FORMULA NUMERO:	Formula Base	23	24	25	
VINYCEL 121	100	100	100	100	
DOP	60	60	60	60	
MARK 495	2	2	2	2	
1. VINYCEL 100 x 122 HOMOPOLIMERO PVC				10	
2. CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO $CaCO_3$		20		10	
3. EPOXIDADO DE SOYA ACEITE		7	3	3	
4. PARALQID K-120-ND ACRILICO			4		
ADHESION Kg.	$\bar{X}$	21,333	25,800	25,500	18,600
DUREZA SHORE A	$\bar{X}$	82,250	78,500	76,875	80,500
RESISTENCIA A LA TENSION $Kg/cm^2$	$\bar{X}$	191,875	188,767	192,303	207,000
DEFORMACION	$\bar{X}$	4,697	4,879	5,707	4,326
DEFORMACION AL PUN TO DE CEDENCIA	$\bar{X}$	0,667	0,529	0,674	0,632
MODULO ELASTICO	$\bar{X}$	98,950	70,087	62,227	91,630
ESFUERZO DE CEDENCIA	$\bar{X}$	55,357	34,956	40,123	58,808

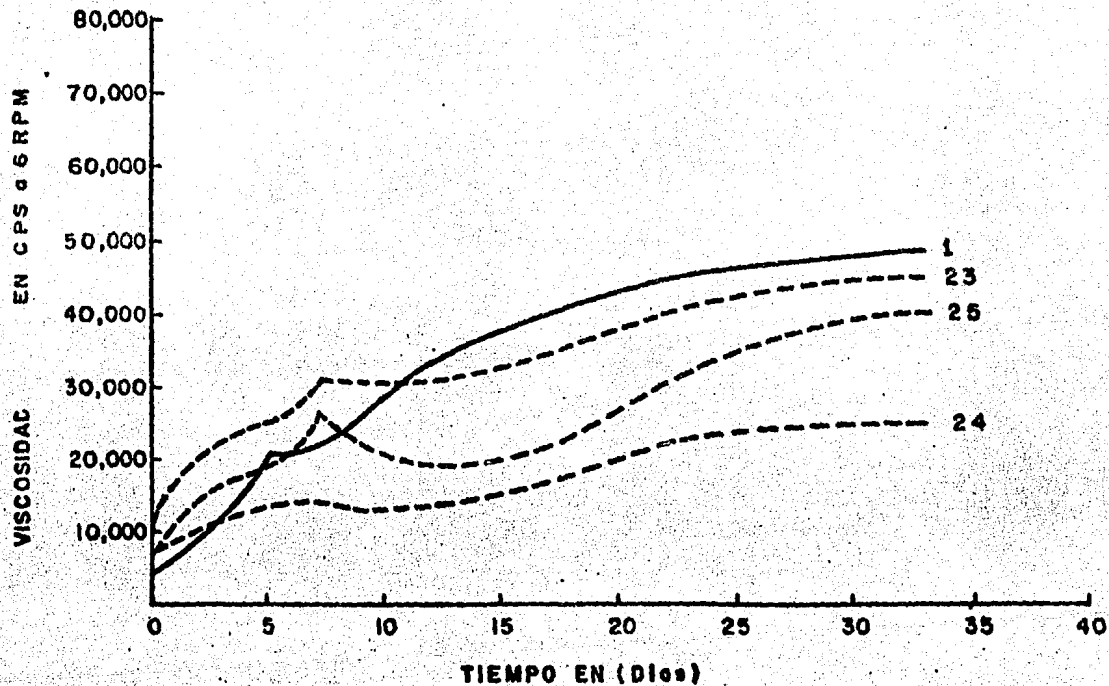


Figura 4.4 Comportamiento de la viscosidad de las tres formulaciones optimizadas comparándolas con la fórmula base (1).

## 4.6 Discusión General

### 4.6.1 Efecto de la concentración del plastificante.

Se determina la curva de viscosidad para el plastisol en base a 100 partes de resina wyncel 121, variando la concentración del plastificante para observar su comportamiento.

A concentraciones menores de 60 partes de plastificante se solvata con facilidad el plastisol presentando altas viscosidades, entre 60 y 80 partes de plastificante se tienen viscosidades medias y después de 80 partes de plastificante se tienen bajas viscosidades con tendencia a alcanzar la viscosidad del plastificante. (Ver Fig. No. 4.5).

### 4.6.2 Efectos generales de la viscosidad.

Los plastisoles presentan estabilidad a la viscosidad solo por dos días, después de este tiempo hay un aumento en la viscosidad tendiendo a estabilizarse después de quince días, con excepción de la resina wyncel 431 que aumenta su viscosidad hasta una solvatación total.

El aceite epoxidado de soya se comporta como un estabilizador de la viscosidad y reductor de la misma.

El aumento de la viscosidad se debe a la continua solvatación de los aditivos (Ver Fig. No. 4.6).



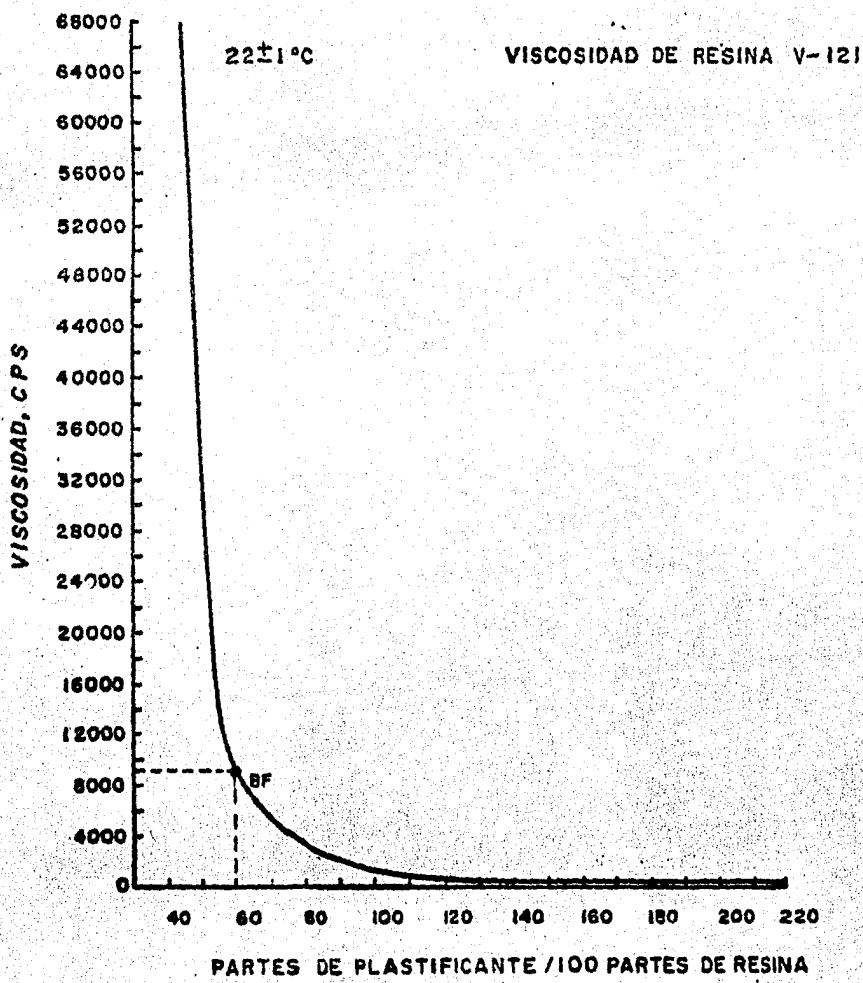


Figura 45 Efecto de la viscosidad variando la concentración del plastificante.

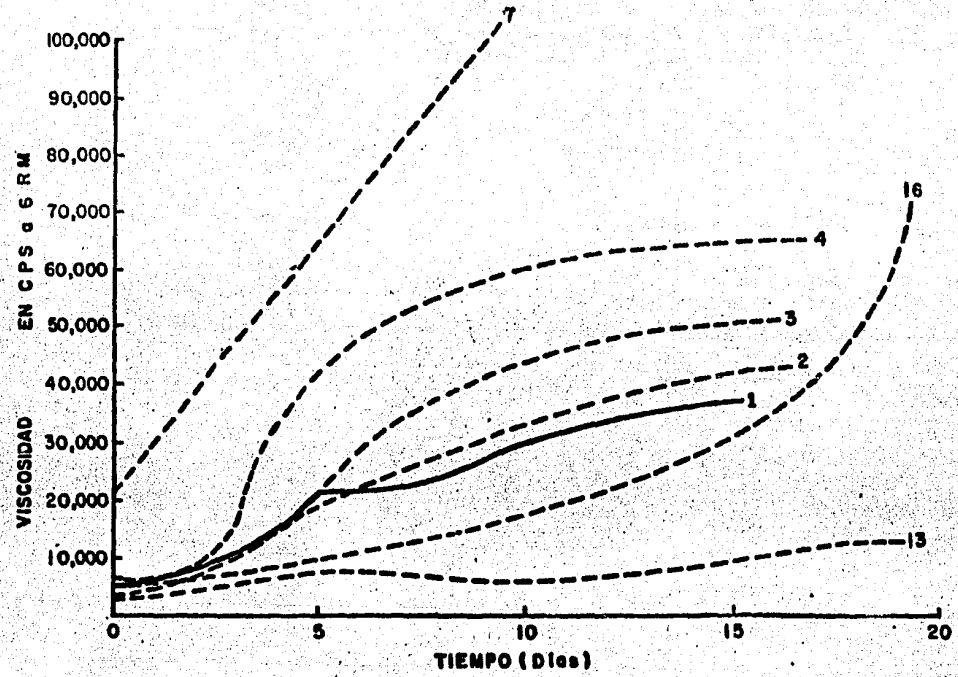


Figura 4.6 Efecto de la viscosidad con respecto al tiempo de algunos de los experimentos.

4.6.3 Efecto de la concentración de cada uno de los diferentes aditivos.

Resina vinycel 100 x 122.

Solo hasta 10 partes se comporta como un reductor de la viscosidad, después de esta concentración empieza a aumentar su viscosidad proporcionalmente a la concentración usada. Esto se debe a que aumenta la concentración de sólidos y así una mayor absorción del plastificante.

Carbonato de calcio.

Aumenta la viscosidad debido a la absorción del plastificante por la porosidad de las partículas y la viscosidad aumenta proporcionalmente conforme se incrementa su concentración.

Resina vinycel 138.

Se comporta como un reductor de la viscosidad solo hasta siete partes, después de esta concentración aumenta bruscamente la viscosidad.

Aceite epoxidado de soya.

Se comporta como un reductor de la viscosidad y estabilizador de la misma.

Resina vinycel 431.

Aumenta bruscamente la viscosidad hasta una solvatación total conforme se incrementa su concentración.

Modificador de impacto Paraloid K-120-ND.

Estabiliza la viscosidad hasta por cinco partes, después de esa concentración se empieza a observar un ligero aumento en la viscosidad.

Azodicarbonamida (concentricel 125).

Se comporta como un estabilizador de la viscosidad y -reductor de la misma (Ver Figs. Nos. 4.7-a y 4.7-b).

4.6.4 Efecto de la concentración del aditivo en el producto terminado.

4.6.4.1 Adhesión.

El aditivo que mejor promueve la adhesión es el carbonato de calcio, después el paraloid K-120-ND, la resina vinycel 431 también promueve la adhesión, solo que este aditivo se degrada y no permite analizar sus efectos. Después de estos aditivos todos los demás empleados en este estudio disminuyen la adhesión conforme aumenta la concentración. Los aditivos que más bajan la adhesión son el aceite epoxidado de soya y el azodicarbonamida (concentricel 125). (Ver Fig. No. 4.8).

4.6.4.2 Dureza.

A bajas concentraciones el paraloid K-120-ND, aumenta considerablemente la dureza y después al incrementar la concentración se mantiene más o menos constante conforme se incrementa

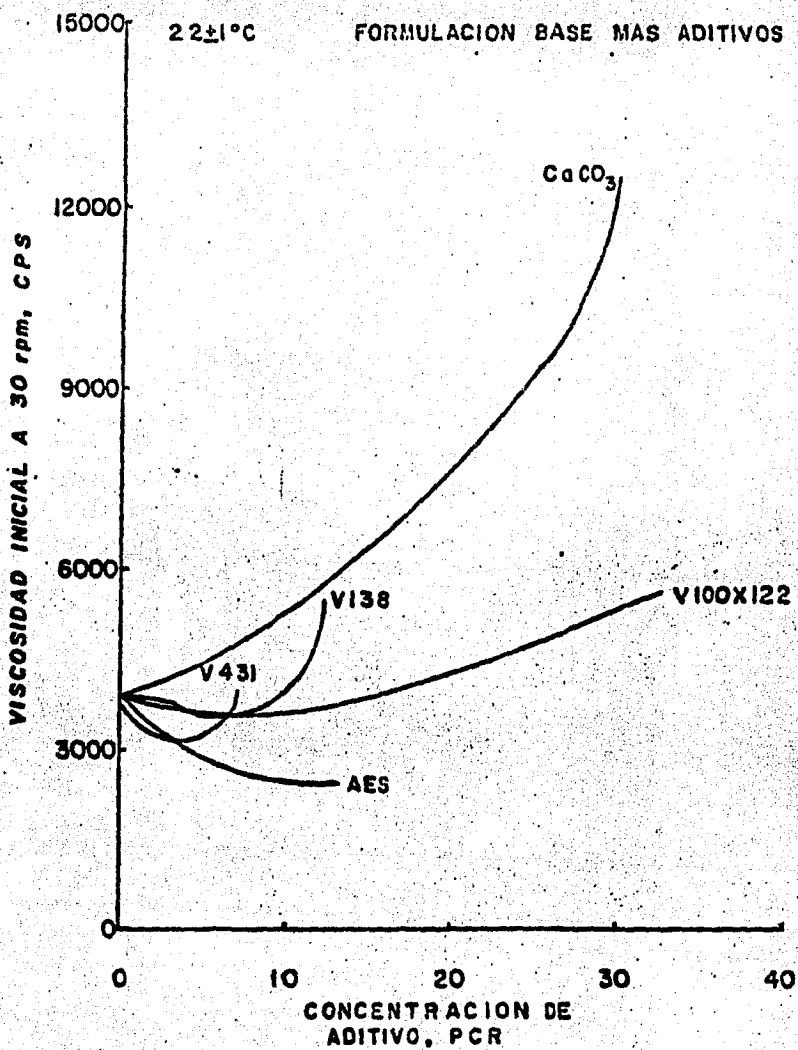


Figura 4.7-a. Efecto de la concentración en la viscosidad inicial.

22 ± 1°C FORMULACION BASE MAS ADITIVOS

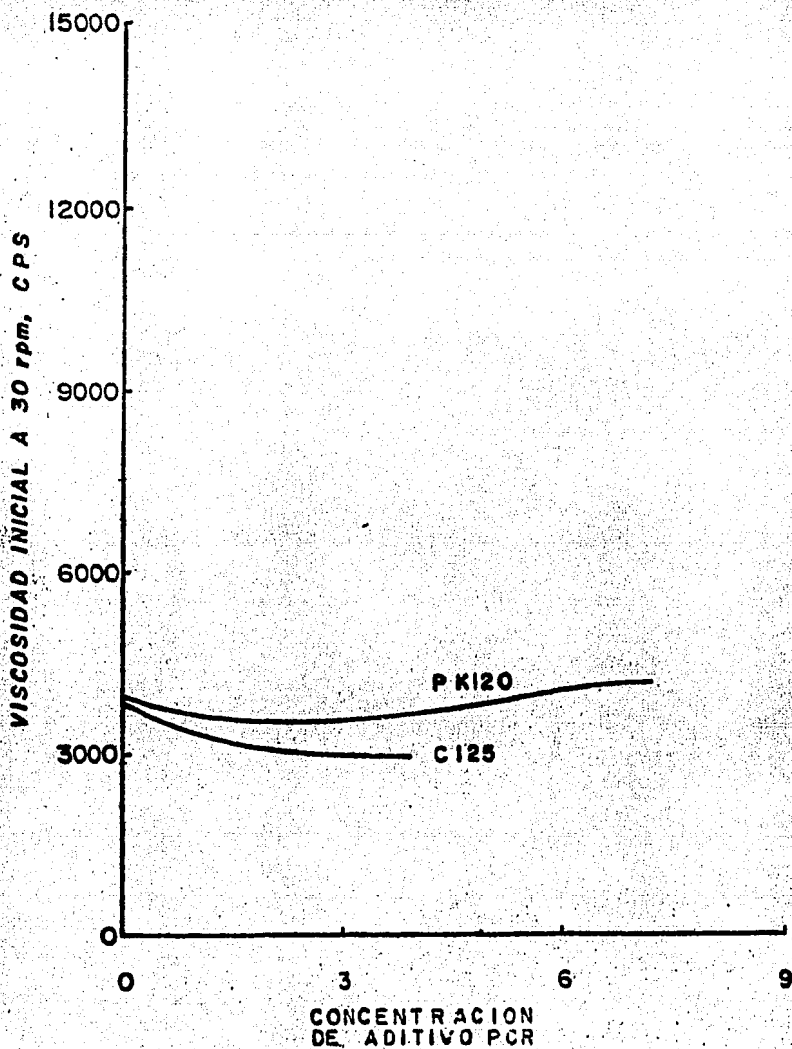


Figura 4.7-b. Efecto de la concentración en la viscosidad inicial.

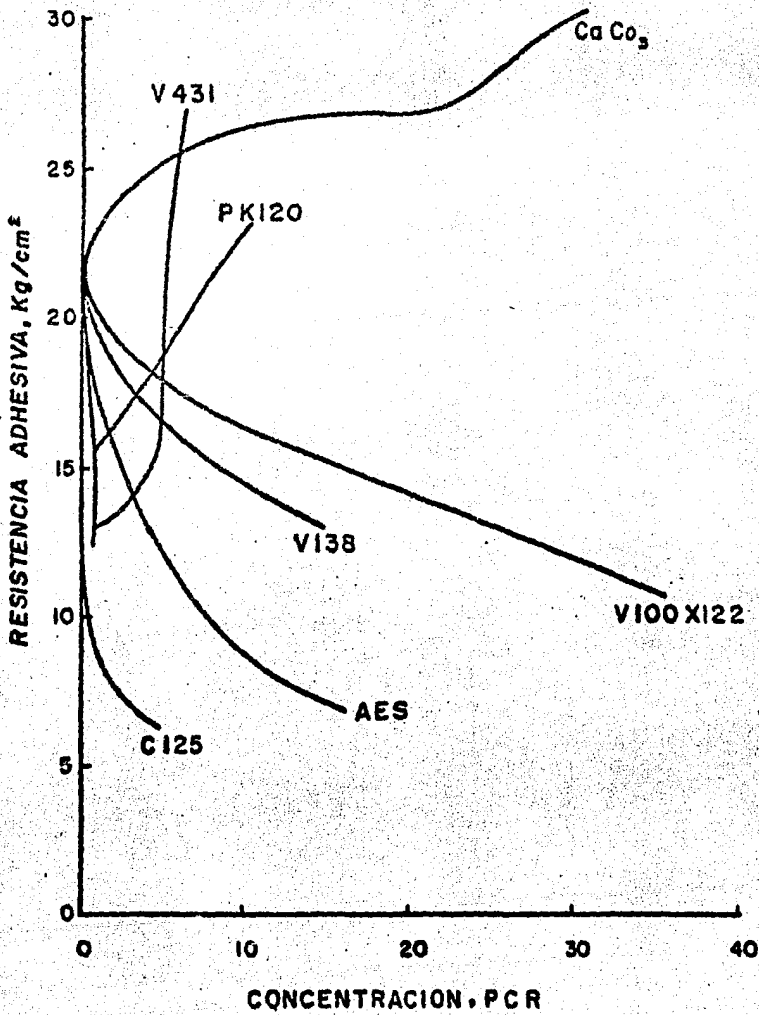


Figura 4.8 Efecto de la concentración de los aditivos en la adhesión del producto final.

ta la concentración de los aditivos, vinycel 138, vinicel 100 x 122, carbonato de calcio y vinycel 431 aumentan ligeramente la dureza siendo la resina de mezcla vinycel 100 x 122 la que presenta mayor dureza. De manera contraria el aceite epoxidado de soya y el azodicarbonamida son los que más disminuyen la dureza. (Ver Fig. No. 4.9).

#### 4.6.4.3 Resistencia a la Tensión.

El aditivo que mejor aumenta la resistencia a la tensión es el paraloid K-120-ND, con la tendencia a bajarla en concentraciones mayores de cinco partes, la vinycel 138, aumenta ligeramente la resistencia a la tensión, la resina vinycel 100 x 122 disminuye la resistencia a la tensión hasta un máximo de quince partes, después tiende a recuperarla y aumentarla en concentraciones mayores a treinta partes. Todos los demás aditivos usados en este experimento tienden a reducir la resistencia a la tensión principalmente el aceite epoxidado de soya y el azodicarbonamida. (Ver Fig. No. 4.10).

#### 4.6.4.4 Módulo Elástico.

El aditivo que más aumenta esta propiedad es la resina de mezcla vinycel 100 x 122 después de diez partes, el paraloid K-120-ND la aumenta ligeramente y al incrementar su concentración la mantiene más o menos constante, el carbonato de calcio la aumenta ligeramente solo hasta veinte partes después de esa concentra-



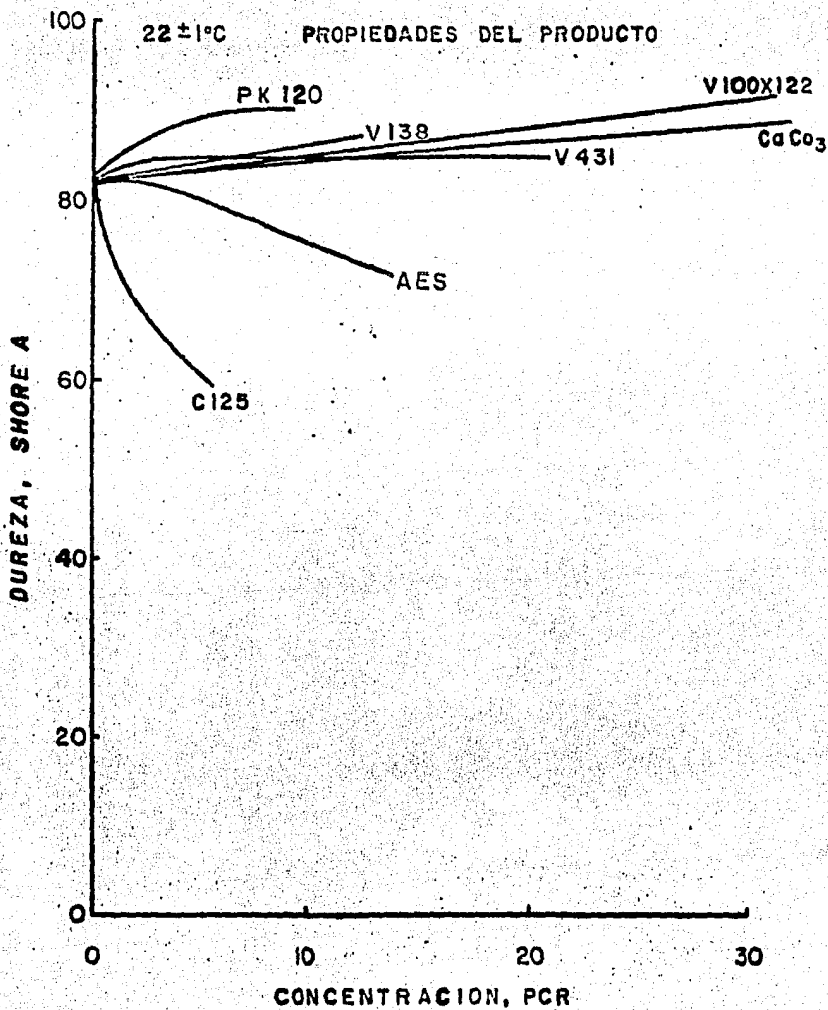


Figura 4.9. Efecto de la concentración de los aditivos en la dureza del producto final.

22 ± 1°C PROPIEDADES DEL PRODUCTO

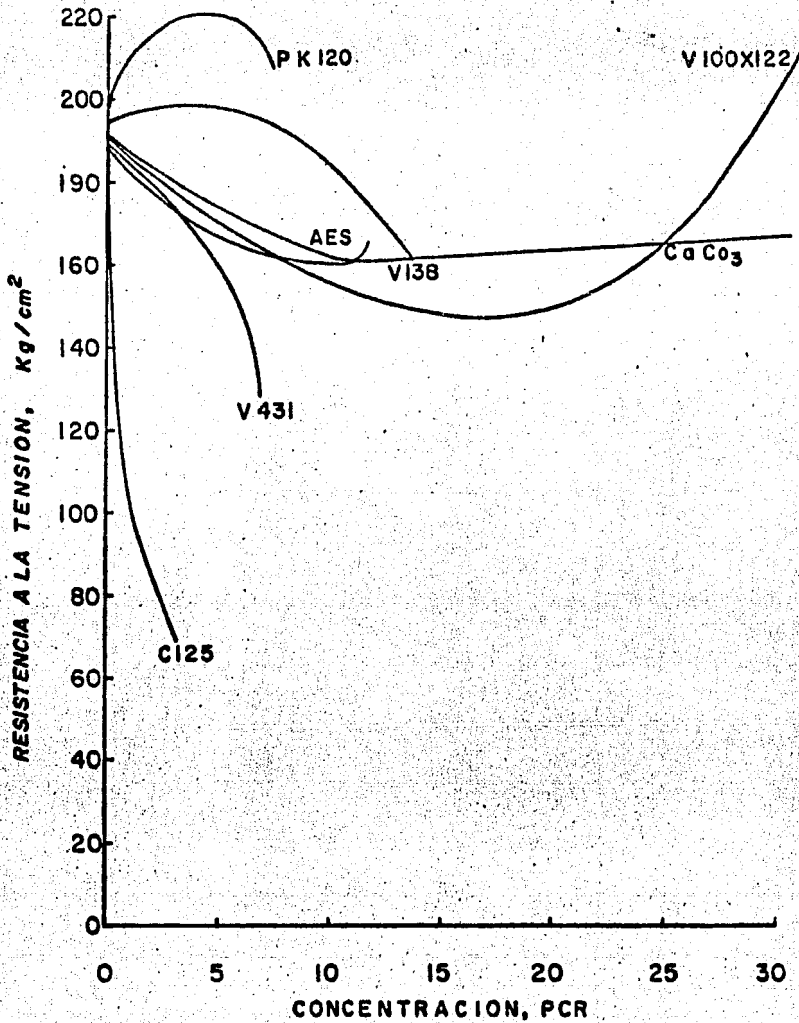


Figura 4.10 Efecto de la concentración de los aditivos en la resistencia del producto final.

ción la empieza a disminuir ligeramente (Ver Fig. No. 4.11).

#### 4.6.5 Conclusión.

Por el análisis de los efectos que induce cada aditivo permite formular plastisoles de acuerdo a las características del proceso así como en las propiedades esperadas en el producto terminado.

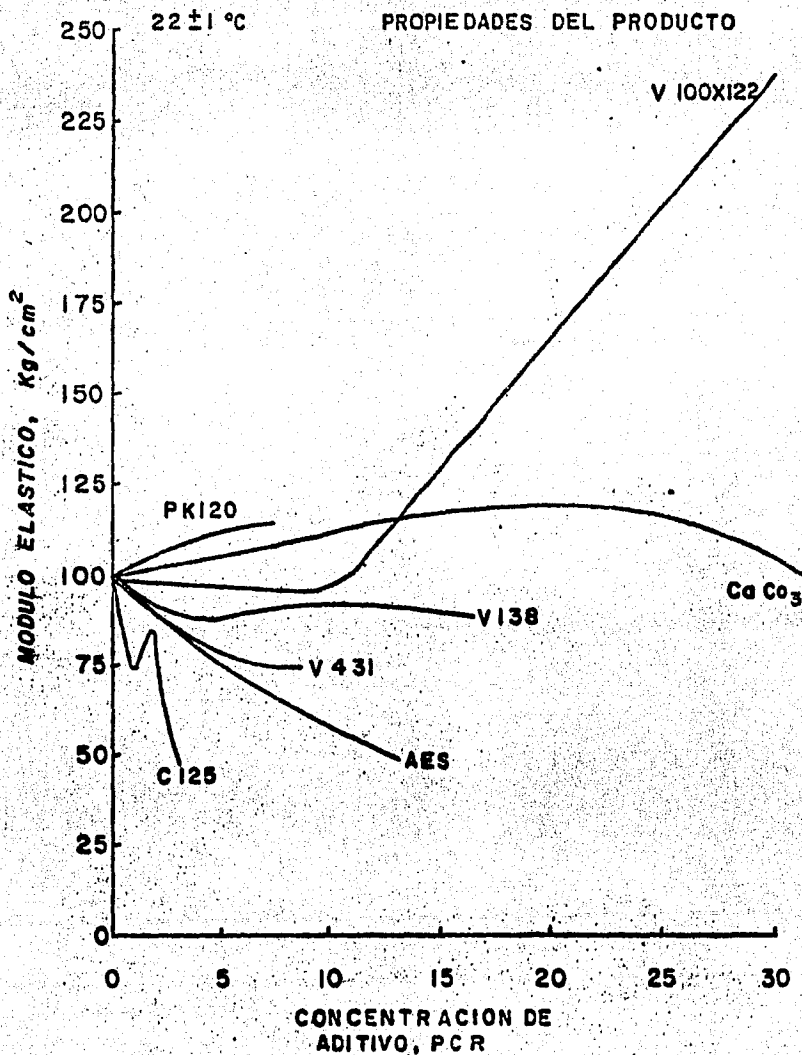


Figura 4.11 Efecto de la concentración de los aditivos en el módulo elástico en el producto final.

## C A P I T U L O V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Por los resultados obtenidos en la parte experimental se observó que los aditivos y sus respectivas concentraciones tienen un marcado efecto en las propiedades de flujo y de proceso de los plastisoles así como en las propiedades físicas del producto terminado.

Este método demostró el camino a seguir para la correcta formulación de plastisoles para cualquier uso o finalidad en función de las propiedades deseadas en el producto.

En esta investigación se determinaron las propiedades que nos parecieron más elementales para la formulación de plastisoles, pero se pueden medir otras como pueden ser el efecto del aditivo y su concentración con respecto a:

Transparencia, migración del aditivo, exudación, extracción con solventes, toxicidad, decoloración, (pérdidas de propiedades en general por el efecto de intemperismo y luz ultravioleta), resistencia al impacto y otros.

Se pueden medir los parámetros de más interés para cualquier formulación y artículo terminado de acuerdo a las necesidades de mercado y así cumplir con una norma estandarizada de --

control de calidad para poder competir en los mercados internacionales.

El seguir un método de esta naturaleza nos asegura conocer el efecto que tiene cada aditivo en función de facilidad de proceso y control de las variables, cuantificación de las propiedades iniciales y de producto terminado, reducción de costos y lo más importante poder cumplir con la máxima norma de control de calidad.

## 5.2 Recomendaciones

### 5.2.1 Control de Calidad.

Contar con los métodos más confiables para el control de calidad de los aditivos que intervienen en la formulación de plastisoles (normalización).

### 5.2.2 Especificaciones.

Pedir a los proveedores carta de especificaciones y de ser posible un certificado de calidad con los métodos empleados así como el procedimiento que se siguió para el control de las propiedades y características del aditivo. Corroborar que el método es estandarizado, por ejemplo un ASTM o un ISO para poder comprobar la calidad del aditivo o material.

Si no cumple con las especificaciones mínimas de control de calidad se deberá de rechazar el material, realizando reclamación formal a proveedores.

## 5.2.3 Recomendaciones en aditivos.

### 5.2.3.1 Resina de dispersión Vinycol 121:

Esta resina empleada para este estudio, presentó por lo general excelentes propiedades tanto en viscosidad como en sus propiedades físicas del producto terminado comparado con el estudio previo de: B. F. Goodrich y las especificaciones -- del proveedor Polycyd, S.A.

La viscosidad es variable de un lote a otro presentando una viscosidad de 2,000 a 6,000 cps, pero en ocasiones puede ser superior a los 6,000 cps. Para formular se deberá considerar estas variaciones en viscosidad, y en promedio se puede -- considerar un valor de 4,500 cps. Checar un mínimo de 5 propiedades de las especificaciones.

Se considera importante la homogeneidad de un lote a -- otro, pues puede presentar algunas variaciones en: la estabilidad térmica, en el color, tamaño, forma y porosidad de la partí cula, en el grado de absorción del plastificante, puede traer partículas oscuras, partículas de resina degradada, puede formar grumos durante el mezclado, como también puede traer sólidos insolubles, puede solvatare bruscamente en 24 horas y entorpecer o descontrolar todo el proceso, la humedad es indesea ble ya que produce ampollas en el producto terminado.

### 5.2.3.2 Resina de suspensión 100 x 122:

Es importante contar con una homogeneidad en la partí cula, puesto que en un tamaño grande tapan los filtros y tan

bién en lugar de partícula cristalizada puede traer escamas -- que también entorpezcan las operaciones de filtrado.

Las partículas grandes en ocasiones no absorben el pigmento y en artículos opacos presentan puntos transparentes que imparten mala calidad.

Si se formula con grandes cantidades de esta resina se corre el riesgo de tener efectos de asentamiento en los recipientes donde se almacena el plastisol, como también dificulta el proceso de bombeo.

Se recomienda para bajar costos facilitar la liberación del aire atrapado durante el mezclado, estabilizar la viscosidad y aumentar dureza.

#### 5.2.3.3 Plastificante primario (DOP) EMAPLAST 812 - P:

Debe ser un líquido aceitoso, inoloro, incoloro, libre de agua, ácido y alcohol, con un índice de refracción de  $n_D^{20^\circ C}$  1.485-1.487. Medir otras propiedades como: grado de acidez, color ALPHA, INDICE DE SAPONIFICACION, punto de ebullición a 760 mm Hg.

#### 5.2.3.4 Estabilizador térmico Mark 495:

Es un estabilizador sólido calcio-zinc, se recomienda un buen análisis de cribado en malla 325, ya que en ocasiones puede traer sólidos cristalinos de ácidos grasos que no se disuelven en el plastificante durante el mezclado y que al lle--



gar al proceso de curado se funden y evaporan dejando grandes huecos que imparten mala calidad al producto. Este material debe de estar exento de sólidos cristalinos, no se debe almacenar por tiempo prolongado para evitar la oxidación de metales que se presenta por un cambio de color ligeramente amarillo.

#### 5.2.3.5 Carbonato de calcio precipitado (carga inerte):

Se recomienda usar carbonato de calcio precipitado y del colector, para contar con un tamaño de partícula uniforme en promedio de 1.1 micras, con un 98% de pureza, evitar que -- tenga humedad menos de 0.5%, con una absorción de plastificante media de 55 a 60 (absorción en aceite), blancura de 98%, -- que pase el 100% en malla 325, en malla 350 con un residuo que quede de 0.001%.

Si se formula con grandes cantidades de carga se afectará proporcionalmente la viscosidad por la absorción del plastificante así como otras propiedades.

En general tener un control de todos los aditivos que intervengan en las formulaciones.

### 5.3 Recomendaciones en el proceso.

Además de las propiedades a medir recomendadas por el proveedor para un aceptable control de calidad en los aditivos, se recomienda lo siguiente:

#### 5.3.1 Propiedades de flujo.

Medir la viscosidad inicial y con respecto al tiempo - por lo menos hasta tres días, para observar si no hay una solvatación brusca en el plastisol, ya que puede dar la viscosidad inicial requerida, pero en 24 horas puede subir hasta 4 - veces su valor, cuando lo normal es que suba en promedio 2.68 veces aproximadamente.

### 5.3.2 Añejamiento:

Cuando los plastisoles no se van a trabajar inmediatamente después de prepararlos, por ejemplo en unos tres días - en que por lo general presentan estabilidad en la viscosidad. Si la viscosidad no es la óptima de operación por el tiempo - prolongado de almacenamiento, basta recuperarlo agregando más plastificante al plastisol y someterlo nuevamente en agitación con vacío para bajar la viscosidad a las condiciones deseadas.

### 5.3.3 Molinos:

También es necesario contar con molinos tipo tintas de 3 rodillos para homogeneizar las pastas que intervengan en la formulación y así tener un tamaño de partícula uniforme.

### 5.3.4 Filtrado:

Antes de pasar el plastisol al almacenamiento para posteriormente pasarlo al proceso de ensamblado y curado, es necesario colocar filtros de malla de acero inoxidable para controlar los grumos y partículas gruesas que pueden entorpecer el - proceso que además imparten mala calidad en el producto terminado.

### 5.3.5 Equipo:

Para la elaboración del plastisol se recomienda equipo de acero inoxidable así como el uso de tuberías de hierro galvanizado.

### 5.3.6 Mezclado:

Para plastisoleas a nivel industrial es necesario respetar los tiempos de mezclado de 35' a 40' totales para una mejor incorporación del plastificante a la resina y aditivos.

### 5.3.7 Deaeración:

Una mala deaeración produce defectos en los productos terminados. De preferencia se debe de eliminar el aire atrapado durante el mezclado por medio de un sistema eficiente de vacío incorporado a la máquina mezcladora.

### 5.3.8 Almacenamiento:

De ser posible almacenar el producto en recipientes de acero inoxidable con una capacidad de 2 días de stock y fabricar el plastisol un día antes de ser ensamblado para evitar efectos de viscosidad por almacenamiento prolongado y así trabajar en las mismas condiciones de flujo; el cuarto de almacenamiento debe de estar a temperaturas constantes a unos 27°C, con clima acondicionado, porque la temperatura tiene efectos sustanciales sobre las propiedades de flujo, al aumentar la temperatura baja la viscosidad pero después de 49°C aproximadamente em--

pieza a gelarse irreversiblemente el plastisol. Por otro lado si se baja la temperatura a menos de 15°C, también existe la - tendencia de un incremento en la viscosidad.

En el manejo de plastisol por bombeo se recomienda no - rebazar los 33°C para evitar que se gele, se debe bombear a ba - jas revoluciones y evitar calentamiento por fricción.

#### 5.3.9 Temperatura de curado:

Se obtienen mejores propiedades físicas cuando se lle - ga a fundir toda la masa o película del plastisol; por experien - cia se sabe que alrededor de 177°C se obtienen las mejores pro - piedades y dependen del tipo de eficiencia del horno, así como del tiempo de exposición, también dependen del tipo y espesor del molde, concentración y tipo de estabilizador térmico usado.

## C A P I T U L O VI

### BIBLIOGRAFIA

1. ARGUS CHEMICAL DIVISION, Witco Chemical Corporation, Product Data.
2. BLOWING AGENT, Otsuka Chemical Co., Ltd.
3. CONSULTORIA Y TECNOLOGIA PLASTICA. Apuntes. Armando Encinas A. 1982.
4. DEVELOPMENT IN PVC TECHNOLOGY. J.H.L. Henson and A. Whelan.
5. DRAISWERKE GMBH. MANNHEIM-WALDHOF Mezcladoras-Amasadoras - DRAIS.
6. EASTMAN CHEMICAL PRODUCTS, Technical Data Sheet No. L-III.
7. GEON 121 EN FORMULACION DE PLASTISQLES CYDSA Policyd, S.A.
8. GUIDE TO PLASTICS, 1979, McGraw - Hill.
9. MODERNS PLASTICS ENCYCLOPEDIA, McGraw -Hill, Inc. 1967.
10. MODERNS PLASTICS INTERNATIONAL, A. McGRAW - HILL PUBLICATION, 1976 - 1985.
11. METODOS DE LA INDUSTRIA QUIMICA. Mayer. Orgánica Dr. Ludwin Mayer.
12. NASS, L.I. ENCYCLOPEDIA of PVC, M. Dekker, Inc. USA. 1979.
13. POLIVINYL CLORIDE. S. Sarvetnick. Van Nostrad Reinhold.
14. PLASTISOLS AND ORGANOSOLS. H. Sarvetnick. Van Nostrad Reinhold.
15. PLASTISOLS AND ORGANOSOLS. B.F. Goodrich Chemical Co. Technical Bulletin.
16. PVC TECHNOLOGY, Argus Product Data.
17. R.H. ZABEL. E.I. DU PONT DE NEMOURS & CO. PIGMENTS DEPARTAMENT.
18. UNIROYAL CHEMICAL, Special Plastics Additives Issue, Spring -- 1979.
19. VINYLs, TECHNICAL BULLETIN, B.F. Goodrich Company USA.