

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**SEP**

**TRABAJO PROFESIONAL  
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:  
  
INGENIERO QUÍMICO**

**QUE PRESENTA:**

**SERGIO GIOVANNY HERNÁNDEZ DE LA TORRE**

**CON EL TEMA:**

**MANUFACTURA DEL SELLADOR DE JUNTAS DE PVC 80P09  
PARA FORD COMPANY CUAUTITLAN**

**MEDIANTE:**

**OPCION X  
(MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS**

**AGOSTO 2014**

"2014, Año de Octavio Paz"

DIRECCIÓN  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 28 de marzo 2014

OFICIO NUM. DEP-CT-31-2014

**C. HERNÁNDEZ DE LA TORRE SERGIO GIOVANNY**  
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.  
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la comunicación de su trabajo profesional por parte de los CC. ING. RODRIGO FERRER GONZÁLEZ, ING. JUAN JOSÉ SOLÍS SAVALA e ING. RENE CUESTA DÍAZ En el sentido que se encuentra satisfactorio el contenido del mismo como prueba escrita, **AUTORIZO** a Usted a que se proceda a la impresión del mencionado Trabajo denominado:

**" MANUFACTURA DEL SELLADOR DE JUNTAS DE PVC 80P09 PARA FORD COMPANY. "**

Registrado mediante la opción:  
**X (MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)**

**ATENTAMENTE**  
**"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"**

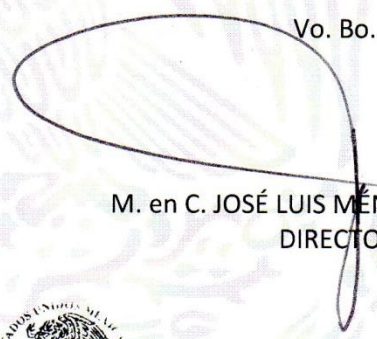
  
ING. JUAN JOSÉ ARREOLA ORDAZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE LA DIVISION DE  
ESTUDIOS PROFESIONALES

C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares  
C.c.p.- Expediente  
I'JLMN/I'JJAO/I'eeam



Secretaría de Educ. Pública  
Instituto Tecnológico  
de Tuxtla Gutiérrez,  
Div. de Est. Profesionales

Vo. Bo.

  
M. en C. JOSÉ LUIS MÉNDEZ NAVARRO  
DIRECTOR



## ***DEDICATORIA.....***

---

Gracias a dios y a esas personas importantes en mi vida.

Con todo mi cariño y amor para ustedes que hicieron todo en la vida para que yo pudiera alcanzar este logro que no es mío sino suyo, por motivarme y apoyarme en las buenas y en las malas. Por siempre mi corazón y agradecimiento.

Papá y Mamá.

A tu paciencia y comprensión, por que en muchas veces preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío, por alentarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, ahora puedo presumir que este trabajo lleva mucho de ti, gracias por estar a mi lado y por tu amor incondicional, Ivonne.

# **CONTENIDO**

***I.-*** Introducción.

***II.-*** Justificación.

***III.-*** Objetivos.

***CAPÍTULO 1.-*** Caracterización del área en que participo.

***CAPÍTULO 2.-*** Problemas a resolver.

***CAPÍTULO 3.-*** Alcances y limitaciones.

***CAPÍTULO 4.-*** Fundamento teórico.

***CAPÍTULO 5.-*** Materiales y métodos.

***CAPÍTULO 6.-*** Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

***CAPÍTULO 7.-*** Resultados y análisis de los resultados.

***IV.-*** Conclusión.

***V.-*** Bibliografía.

***VI.-*** Glosario.

## ***I.- INTRODUCCIÓN***

---

El empleo del PVC a escala industrial comenzó en 1912 cuando el químico alemán F. Klatte registró una patente en la que describía la fabricación del monómero de cloruro de vinilo por la reacción entre el acetileno y el cloruro de hidrogeno. El estallido de la segunda guerra mundial fomentó el desarrollo de la tecnología vinílica. La primera gran aplicación de los selladores se produjo en Alemania para fabricar lienzos que recubrían camiones militares y vías férreas.

La modificación de polímeros por el agregado de aditivos para producir materiales con propiedades nuevas y útiles ha cobrado interés entonces no solo en las últimas décadas. Por lo tanto la estrategia industrial de modificar bases poliméricas para obtener materiales superiores como los selladores para la industria automotriz es auspiciosa.

Las propiedades de los polímeros son intrínsecas es decir, son características esenciales del polímero específico. Algunas de estas se relacionan y se controlan con la estructura molecular, sin embargo, muchas veces es necesario modificar las propiedades mecánicas, físicas y químicas en un grado mucho mayor que el permitido por la simple alteración de la estructura molecular. Por ello sustancias denominadas “aditivos” se introducen intencionalmente para modificar muchas de estas propiedades y para aumentar la utilidad del polímero.

Los selladores son polímeros modificados capaces de rellenar el espacio entre dos superficies creando una barrera aislante a factores ambientales químicos, cargas mecánicas, electricidad, ruido, temperatura, entre otros.

La manufactura del sellador 80P09 para Ford Company Cuautitlán se logrará con un previo diseño y escalamiento (síntesis a nivel laboratorio, muestra a nivel cubeta, prueba piloto), además realizando pruebas que proporcionarán al sellador los requisitos mencionados en la especificación WSS-4359-A, que es un equivalente a un patrón tecnológico que determina estrictamente lo que se debe producir y la metodología a seguir.

Los nuevos desarrollos se conducen a pequeña escala y bajo condiciones muy controladas. Los comportamientos a esta escala no necesariamente son reproducibles a nivel industrial por lo que es necesario adaptar el proceso para asegurarse que trabajará a escala industrial.

## **II.- JUSTIFICACIÓN**

---

El alcance de este proyecto consiste en la aprobación de los requisitos presentes en la especificación WSS-M46359A emitida por el departamento de diseño Ford para la manufactura del sellador de juntas de PVC 80P09.

Actualmente dicho sellador se manufactura en EFTEC-USA, el requerimiento entonces es producir el sellador 80P09 en planta PLACOSA, que el cliente valide el producto y proceso de producción.

Se obtendría un beneficio bilateral CLIENTE-PROVEDOR, PLACOSA seguirá afianzándose como líder nacional en la industria automotriz de selladores, hará crecer su cartera de clientes y conseguirá importantes utilidades, aunado a esto Ford se beneficiará por la importante disminución en costos de logística referido a lo actual.

### **III.- OBJETIVOS**

---

➤ **OBJETIVO GENERAL.**

- Diseño y desarrollo para la manufactura del sellador de juntas de PVC 80P09 para FORD Company Cuautitlán.

➤ **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Elaborar la síntesis del sellador con materia prima nacional hasta encontrar la fórmula óptima a nivel laboratorio.
- Reproducir la fórmula óptima en el reactor piloto.
- Superar las pruebas relevantes de la muestra en el reactor piloto.
- Llevar a cabo las pruebas que comprenden la inspección completa.
- Superar la prueba piloto solicitada al dpto. de Producción.

# CAPITULO

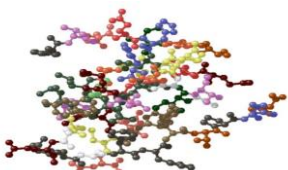
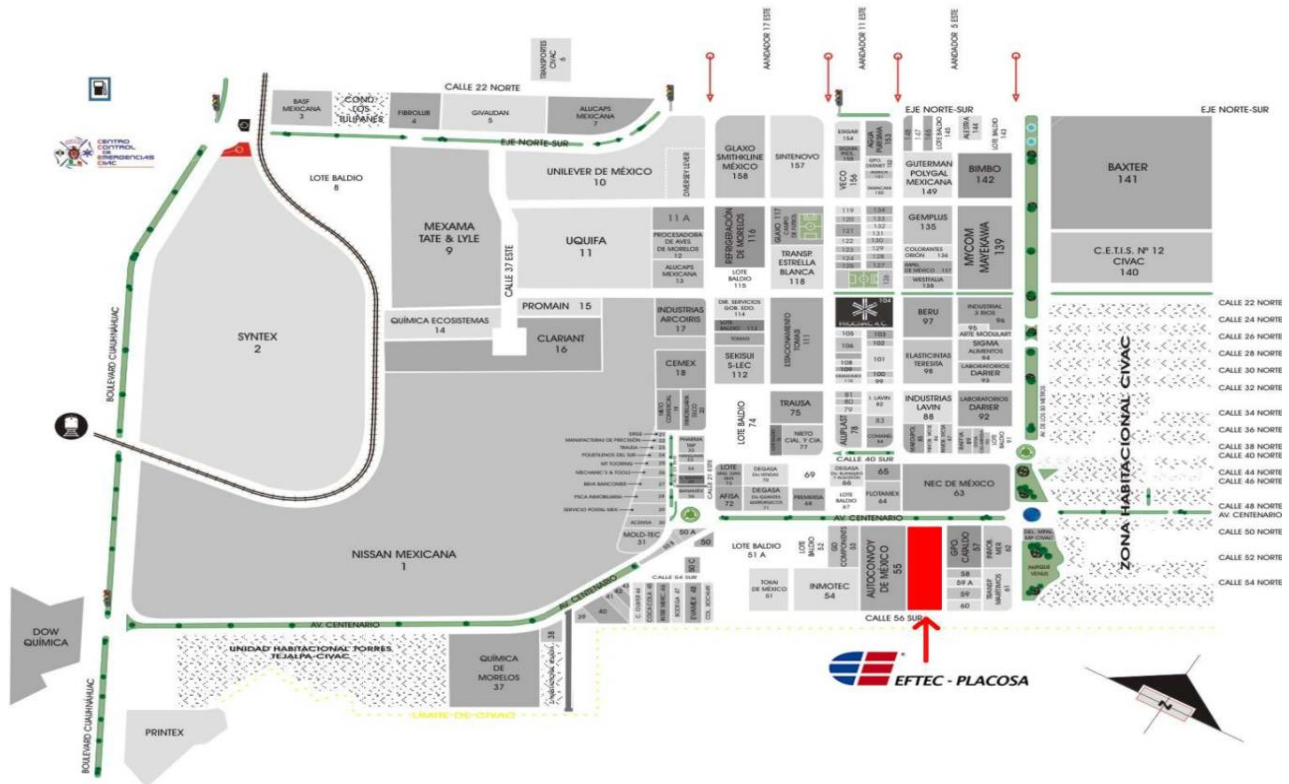
# 1

## CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPO.

EFTEC-PLACOSA se fundó el 5 de mayo de 1975 teniendo 38 años de experiencia en la producción y venta de selladores, ceras, antirruídos y adhesivos aplicados principalmente en la industria automotriz, aunque contamos también con aplicaciones en otras áreas como: la construcción y la fabricación de lonas y muñecas.

- **Localización geográfica.**

EFTEC-PLACOSA se encuentra ubicada en el Parque Industrial CIVAC en el municipio de Jiutepec, Morelos geográficamente entre los paralelos 18° 53' de latitud norte y 99° 10' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 1.350 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 70,45 kilómetros cuadrados, lo que representa el 1,42% de la superficie total del Estado.





- **Historia.**

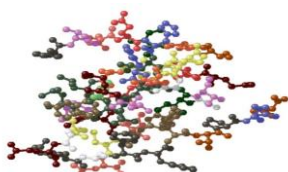
PLACOSA fue fundada por el Ing. Hans Meyer en 1975, inicialmente se ubicó en Naucalpan, Estado de México y se dedicaba a producir y vender productos químicos a base de Tecnología de PRC (Products Research Corporation), especialmente para la industria de la construcción. Destacan en esta época las aplicaciones de los productos de PLACOSA en el Edificio del IMSS en Lázaro Cárdenas, Michoacán y en el Hotel Acapulco Princess. Entre 1975 y 1976 las ventas anuales de PLACOSA ascendieron en promedio a US \$ 288,000.

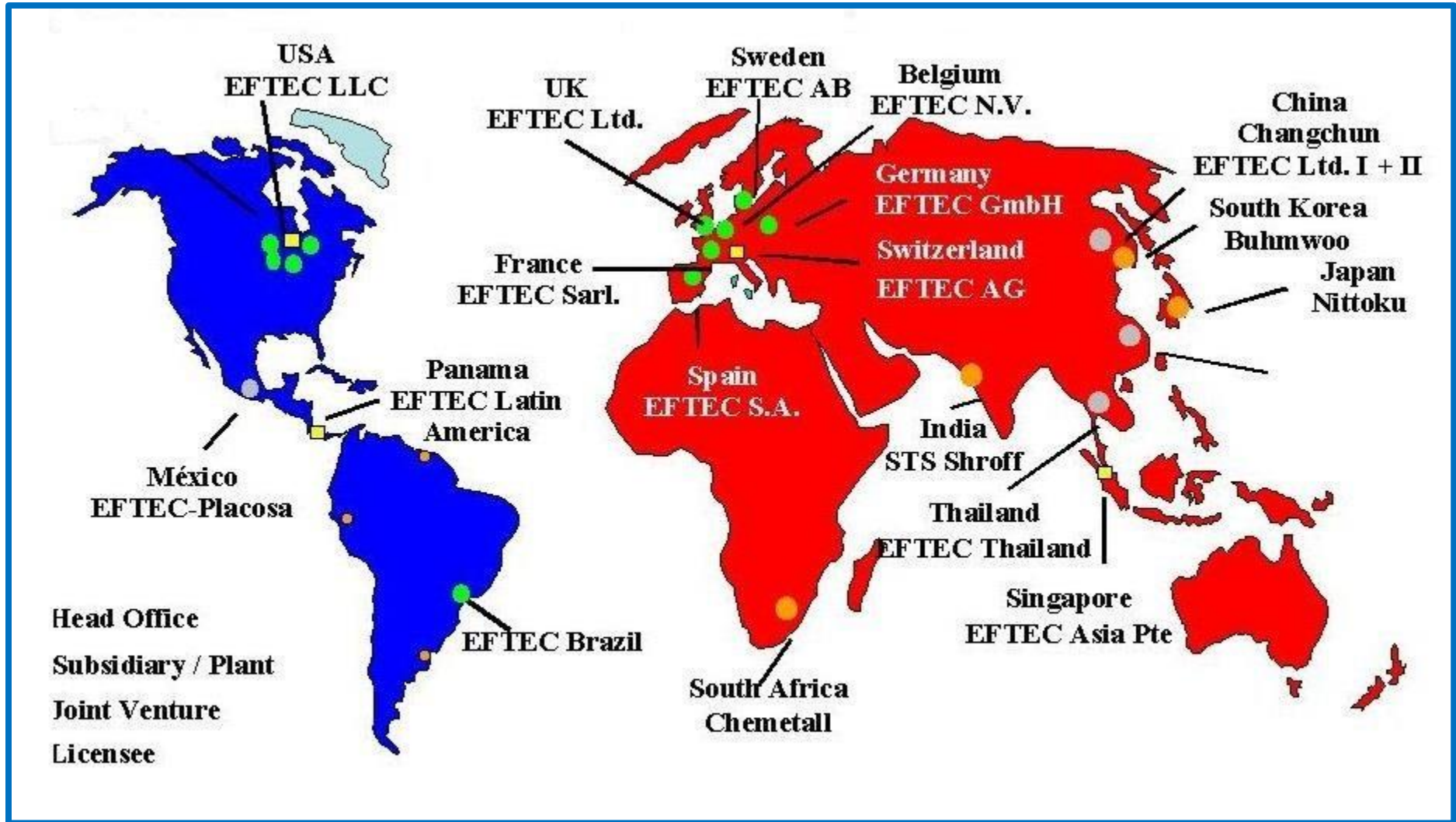
Desde 1977 hasta 1983 PLACOSA contó con una gran variedad de productos para la industria automotriz en México aprobados por Chrysler, General Motors, Nissan, Renault-Vam, Volkswagen y Ford.

En 1980 la empresa compró un terreno en CIVAC, Morelos con el fin de reubicar sus instalaciones un año después se empezaron las obras de construcción de la nueva planta y en 1983 ya se llevaban a cabo las primeras pruebas, inicialmente solo bajo el nombre de PLASTOVIN. En 1985 la empresa empezó a producir y vender ceras para la protección de partes huecas en los vehículos. En el año de 1985 las ventas totales de la empresa ascendieron a US \$ 2,500.00.

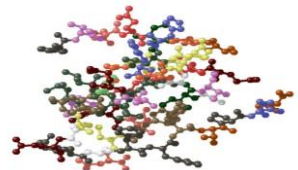
Entre 1985 y 1986, en medio de las dificultades económicas por las cuales atravesó México, PLACOSA sufrió la crisis más fuerte en su historia. Sin embargo, se llevó a cabo un proceso de reestructura radical y se implementó un programa de calidad llamado PPC (PLACOSA Produce Calidad). De esta manera PLACOSA logró superar sus problemas e iniciar una época de crecimiento continuo.

En 1987 las instalaciones de **PLACOSA** se trasladaron a la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC) en el Estado de Morelos. Con el fin de lograr una mayor competitividad, en un mercado cada vez más globalizado, en 1992 entró en vigor una asociación estratégica entre PLACOSA y la Empresa Suiza EMS-TOGO dedicada a la fabricación de selladores, recubrimientos y adhesivos e instalación de los equipos de aplicación correspondientes para la industria automotriz. En 1996 EMS-TOGO cambia de nombre por el de grupo EFTEC. Actualmente EFTEC es el líder a nivel mundial en el segmento de plastisoles para la industria automotriz.





Presencia de grupo EFTEC a nivel mundial.



Debido al crecimiento de la empresa y buscando un proceso productivo mejor controlado en 1996 la empresa pone en funcionamiento una nave adicional con maquinaria nueva destinada a la producción de selladores. Las nuevas instalaciones representaron un factor importante para que PLACOSA obtuviera en 1996 el pedido exclusivo de Volkswagen para surtir el 100% de los selladores del área de pintura para la producción del modelo “Concept 1” (New Beetle).

A partir del 2007 la empresa diversifica su línea productos al incursionar en la fabricación de selladores para filtros de aire, aceite y gasolina, los cuales se surten al mercado nacional a través de la empresa comercializadora PARAUTOS.

En el 2010 las ventas de la empresa ascendieron a US \$ 20 millones.

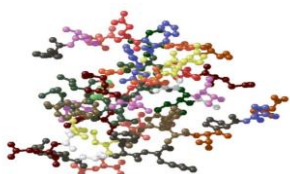
<b>DATOS GENERALES</b>	
Giro:	Productos químicos para la industria (selladores y ceras)
Superficie total:	12,000 m <sup>2</sup>
Superficie construida:	6,070 m <sup>2</sup>
capital contable:	\$ 62,6 millones
cantidad de colaboradores:	103 (2006), 123 (2007), 117 (2008), 115 (2009), 120 (2010) y 129 a la fecha.

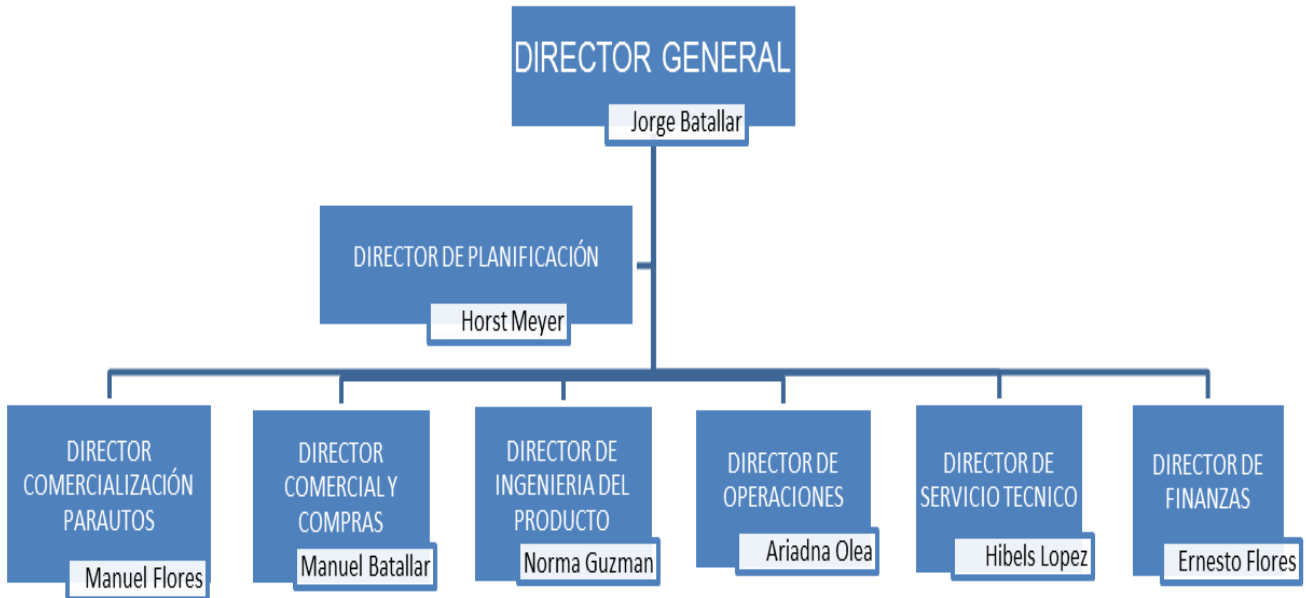
**Visión Placosa:**

Que cada vehículo fabricado en México lleve nuestros productos.

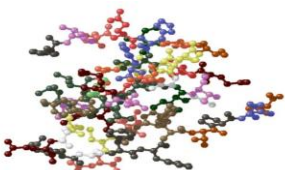
**Visión Parautos:**

Ser líderes en cada mercado en el que incursionemos.





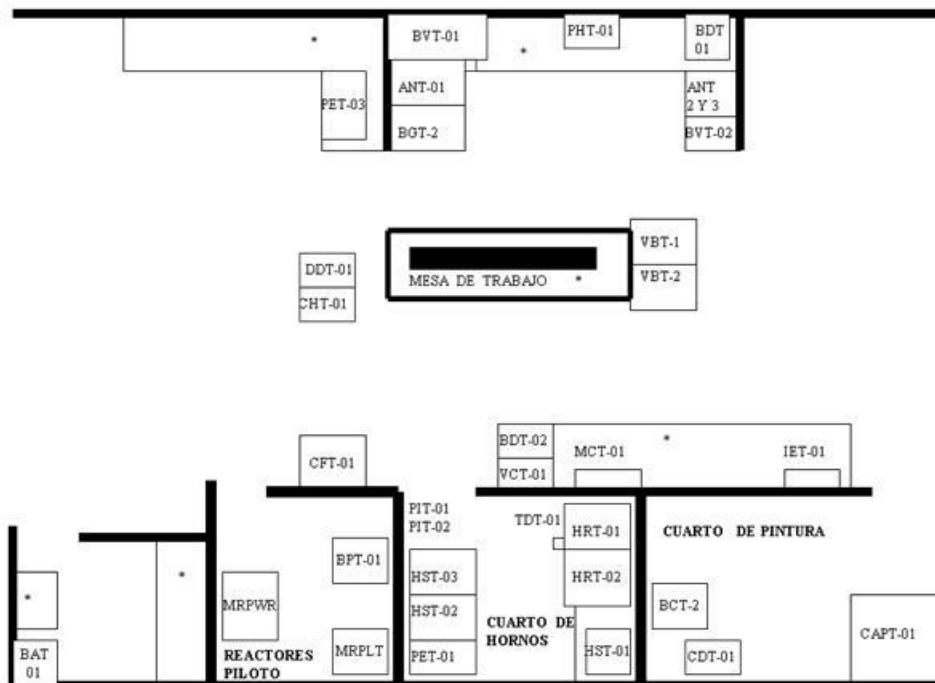
Organigrama general.



- **Departamento Ingeniería de producto.**

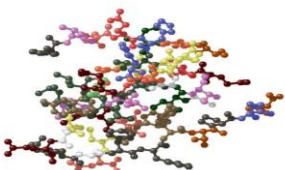
El departamento de ingeniería de producto se encarga del proceso y desarrollo de un material, de tal forma que se obtenga un producto apto para su comercialización mediante el proceso de fabricación. Por lo general se realizan actividades relacionadas con optimizar el costo de producción, su facilidad de fabricación, calidad, funcionalidad, confiabilidad y otras características importantes para el cliente. Generalmente se busca obtener un producto con estas características de manera que este resulte más atractivo y competitivo en la industria automotriz. La ingeniería de producto incluye el diseño, desarrollo, selección de materiales y transición desde la etapa de prototipo hasta la fabricación del material.

De esta forma se aumentan las posibilidades de éxito para PLACOSA, el fabricante de dicho producto.


**EFTEC - PLACOSA**
**LAYOUT LAB. INGENIERIA DEL PRODUCTO**  
 FECHA: 22.06.07


*Croquis del Laboratorio de Ingeniería del Producto*

1-2



## CAPITULO

# 2

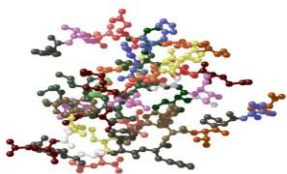
### PROBLEMAS A RESOLVER

Los problemas a resolver en la realización de este proyecto son los siguientes:

- Evitar la variabilidad del proceso de producción en las diferentes etapas de escalamiento del sellador de juntas de PVC 80P09 dada por la diferencia en equipos y en operación.
- Superar las pruebas críticas en los diferentes niveles.

Con esto se deberán solucionar además problemas futuros presentados en otros productos como:

- Número excesivo de ajustes para la liberación del producto.
- Rechazo del material.
- Pérdida de clientes.
- Pérdidas económicas.



## CAPITULO

# 3

### ALCANCES Y LIMITACIONES.

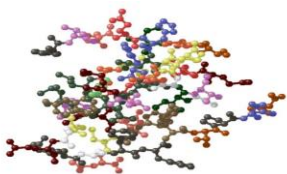
#### ***Alcance.***

Se desarrollará y producirá un sellador de juntas altamente pintable, aplicable en interiores y exteriores de las unidades producidas en la planta Ford, Cuautitlán, utilizando materia prima nacional.

Dicho material deberá contar con las propiedades físicas, químicas y mecánicas necesarias tal como se menciona en la especificación WSS-M46359A.

#### **Limitaciones.**

- Acceso limitado a información técnica.
- La materia prima de proveeduría nacional no mantiene una calidad constante y requerida para el proceso de manufactura.
- Los periodos demandados en algunas pruebas son muy largos, un claro ejemplo es la exposición de paneles en Miami Florida por un año.





## CAPITULO

# 4

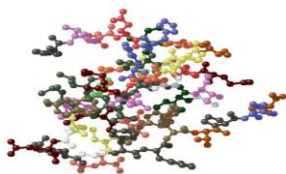
### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 1. *Polímeros de adición y de condensación*

Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes. El término macromolécula significa molécula muy grande. “Polímero” y “macromolécula” son términos que suelen utilizarse indistintamente aunque estrictamente hablando no son equivalentes ya que las macromoléculas, en principio, no requieren estar formadas por unidades de repetición.

Dependiendo de su origen, los polímeros pueden ser naturales o sintéticos. Los sintéticos contienen normalmente entre uno y tres tipos diferentes de unidades que se repiten, mientras que los naturales o biopolímeros como la celulosa, el ADN o las proteínas presentan estructuras mucho más complejas. Los polímeros sintéticos tienen, hoy por hoy, mayor interés desde el punto de vista comercial, por lo que en general nos referiremos casi exclusivamente a ellos.

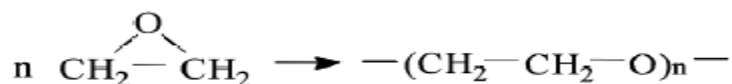
Las moléculas que se combinan para formar los polímeros se denominan **monómeros** y las reacciones a través de las cuales se obtienen se denominan **reacciones de polimerización**. Cuando se parte de un solo tipo de molécula se habla de homopolimerización y de homopolímero. Cuando son dos o más moléculas diferentes las que se repiten en la cadena se habla de copolimerización, comonómeros y copolímero. Las reacciones de polimerización se suelen dividir en dos grandes grupos: reacciones de adición y de condensación, y los polímeros obtenidos por cada una de estas vías se conocen como **polímeros de adición** y **polímeros de condensación**. En los polímeros de adición la unidad estructural de repetición tiene la misma composición que la del monómero de partida. El grupo más importante de polímeros de adición corresponde a los formados a partir de monómeros que contienen un doble enlace carbono-carbono, como es el caso, por ejemplo, de la polimerización del policloruro de vinilo (PVC).



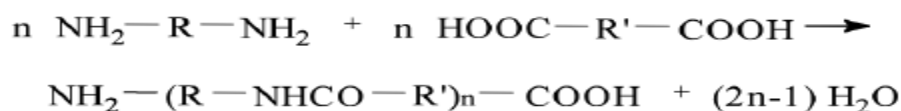




Dentro de los polímeros de adición también cabe destacar aquellos que se obtienen a partir de monómeros cíclicos, como es el caso del poli(óxido de etileno) (POE).

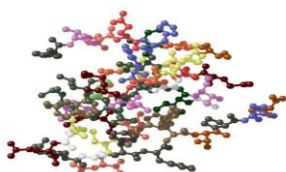


En cambio, los polímeros de condensación se forman a partir de monómeros polifuncionales a través de diversas reacciones con la posible eliminación de alguna pequeña molécula, tal como el agua. Un ejemplo típico es la formación de las poliamidas a partir de la reacción de diaminas y ácidos dicarboxílicos:



R y R' son grupos alifáticos o aromáticos. La unidad entre paréntesis que se repite muchas veces en la cadena de polímero se denomina unidad de repetición. La composición de la unidad de repetición difiere de la de los dos monómeros de partida en una molécula de agua.

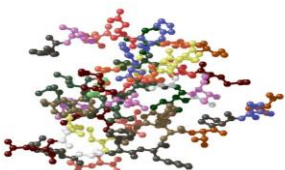
En las Tablas 4.1 y 4.2 se muestran algunos polímeros de adición y condensación de uso muy común, sus abreviaturas y sus unidades estructurales de repetición. En el caso de los polímeros de adición se muestran las estructuras de polietileno, polipropileno, poliestireno, poli(cloruro de vinilo), poli(acrilonitrilo), poli(metil metacrilato), y polibutadieno, mientras que para los polímeros de condensación se muestran ejemplos de poliéster, poliamida, policarbonato, polietilenterftalato, poliuretano y una resina de fenol-formaldehído.



Polímero	Abreviatura	Unidad de repetición
Poli(etileno)	PE	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Poli(propileno)	PP	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$
Poli(estireno)	PS	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$
Poli(cloruro de vinilo)	PVC	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$
Poli(acrilonitrilo)	PAN	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}}-$
Poli(metacrilato de metilo)	PMMA	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-$
Poli(butadieno (1,4-cis))	PB	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$

**TABLA 4.1.- Polímeros de adición de uso frecuente.**

Polímero	Abreviatura	Unidad de repetición
Poli(éster)		$-\text{R}-\text{OCO}-\text{R}'-\text{COO}-$
Poli(amida)	PA	$-\text{NH}-\text{R}-\text{NHCO}-\text{R}'-\text{CO}-$
Poli(carbonato)	PC	$-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
Poli(etilen terftalato)	PET	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OCO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-$
Poli(uretano)	PU	$-\text{NH}-\text{COO}-\text{R}-\text{OCO}-\text{NH}-\text{R}'-$
Resina de Fenol-formaldehído		$-\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_2-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_2-\text{CH}_2-$

**TABLA 4.2.- Polímeros de condensación de uso frecuente.**


## 2. Estructura de los polímeros

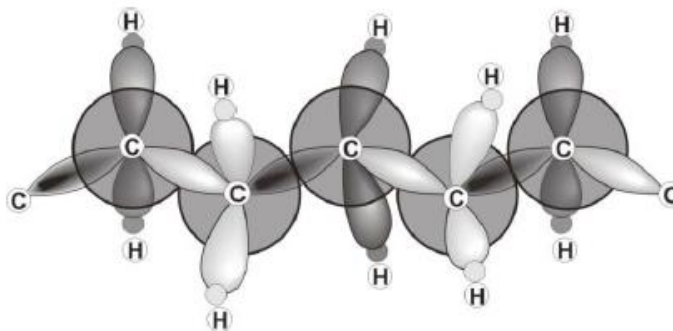
Para abordar el estudio de la estructura de los polímeros se suelen considerar dos niveles, estructura química y estructura física. La estructura química se refiere a la construcción de la molécula individual y la estructura física al ordenamiento de unas moléculas respecto a otras. Comenzaremos abordando la estructura química de los polímeros, y por tanto, estudiaremos el efecto de la naturaleza de los átomos que constituyen la cadena principal y los sustituyentes de la misma, las uniones entre monómeros, el peso molecular y su distribución y el efecto de las ramificaciones o entrecruzamientos en la cadena principal. Igualmente las diferentes configuraciones que pueden adoptar los sustituyentes de la cadena principal condicionan notablemente las propiedades de los polímeros y son parte de su estructura química.

Cuando se hace referencia a la estructura física de los polímeros se trata básicamente de la orientación y cristalinidad que, como veremos, dependen en gran medida de la estructura química y a su vez condicionan el comportamiento del material durante el procesado y durante su vida de servicio.

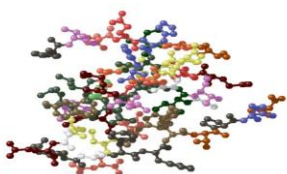
### 2.1. Estructura química

#### 2.1.1. Tipo de átomos en la cadena principal y sustituyentes

En los polímeros la unión entre monómeros se realiza siempre mediante enlaces covalentes. La figura 4.1 muestra un trozo de la cadena de polietileno. Los átomos de carbono que constituyen la cadena principal presentan una configuración  $sp^3$ , por tanto sus orbitales se dispondrán formando un tetraedro en torno al átomo de carbono y el ángulo de enlace de dos carbonos consecutivos será de aproximadamente  $109^\circ$ , aunque en las siguientes representaciones consideraremos que se trata de moléculas planas.



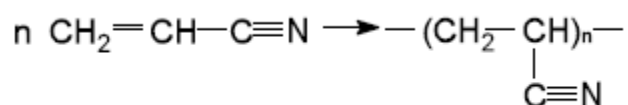
**FIGURA 4.1.- Configuración  $sp^3$  para los átomos de carbono de la cadena principal de la molécula de polietileno.**



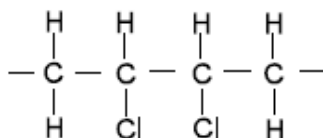
Sin embargo, las fuerzas responsables de la cohesión entre cadenas diferentes pueden ser de naturaleza muy diversa, y están fuertemente condicionadas por las características de los átomos y de los sustituyentes de la cadena principal. La **polaridad** y el **volumen** de estos átomos afectarán especialmente a las fuerzas de cohesión entre cadenas, que a su vez determinarán la flexibilidad del material, temperatura de transición vítrea, temperatura de fusión y capacidad de cristalización entre otras propiedades.

### 2.1.2. Uniones entre monómeros.

En los procesos de polimerización por condensación los monómeros se unen unos con otros siempre de la misma forma. No ocurre siempre así en la polimerización por adición. Por ejemplo, en la polimerización del metacrilonitrilo para dar poliacrilonitrilo (PAN) la mayoría de los monómeros polimerizan vía el doble enlace:

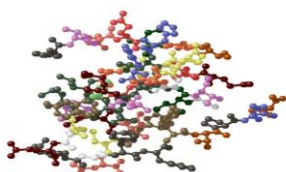


También pueden formarse enlaces lábiles como consecuencia de uniones cabeza-cabeza o cola-cola en lugar de las uniones normales cabeza-cola. Este tipo de uniones, como la mostrada para el PVC, son responsables de la baja estabilidad térmica de este polímero.



### 2.1.3. Peso molecular y su distribución.

Muchas de las propiedades de los polímeros, como por ejemplo la resistencia mecánica, la elasticidad de los cauchos, la temperatura de transición vítrea de plásticos amorfos o la temperatura de fusión de fibras y materiales semicristalinos, se deben al alto peso molecular de los mismos. En la tabla 4.3 se muestra a modo de ejemplo, el estado de agregación de una serie de moléculas de alcanos de la misma estructura química y creciente peso molecular.



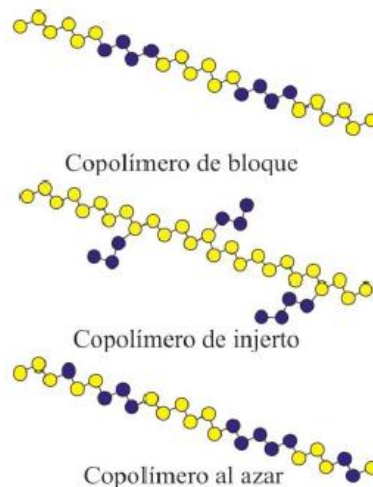
Número de unidades -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	Peso molecular	Estado físico a 20 °C
1	30	gas
6	170	líquido
35	1000	grasa
430	>12000	resina

**TABLA 4.3.- Efecto del tamaño de la molécula sobre su estado de agregación.**

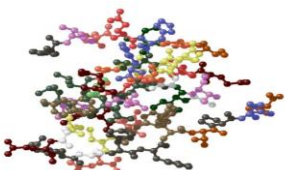
La molécula de etano (1 unidad de repetición) es gaseosa, pero al aumentar su tamaño hasta 6 unidades de repetición pasa a ser líquida, y conforme se van adicionando mas monómeros se convierte en un aceite, una cera y finalmente en un material sólido. El polietileno de peso molecular entre 1.000 y 5.000 es un sólido céreo que adquiere propiedades útiles como plástico sólo cuando su peso molecular supera los 10.000. El nailon (PA), por ejemplo, de peso molecular 1.000-2.000 es un sólido frágil, mientras que a pesos moleculares más elevadas es altamente tenaz.

#### **2.1.4. Copolímeros.**

Cuando en un proceso de polimerización se utilizan dos o más monómeros químicamente diferentes, el polímero resultante se denomina copolímero. Comúnmente se emplean tan sólo dos, o como máximo tres monómeros diferentes. Los Copolímeros se clasifican según la secuencia de los monómeros como Copolímeros de bloque, de injerto y al azar, como se muestra en la Figura 4.2.

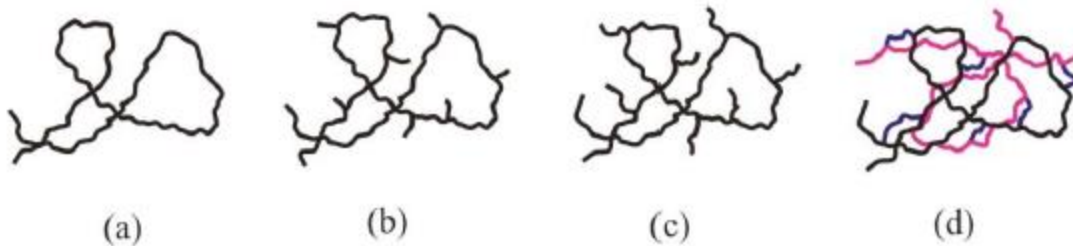


**FIGURA 4.2.- Tipos de Copolímeros.**



### 2.1.5. Ramificaciones y entrecruzamiento.

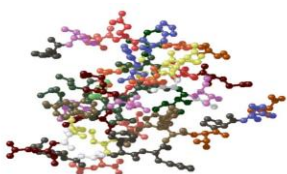
Cuando durante las reacciones de polimerización no existen reacciones secundarias se obtienen polímeros lineales, no ramificados como el que se muestra en la figura 4.3.a. Bajo ciertas condiciones de polimerización se pueden obtener ramificaciones que pueden ser cortas o largas (figura 4.3 b y c). Las propiedades de los polímeros pueden variar considerablemente dependiendo de si existen o no ramificaciones y de la longitud de las mismas.



**FIGURA 4.3.-** Polímero lineal sin ramificaciones (a), con ramificaciones cortas (b), con ramificaciones largas (c) y polímero entrecruzado (d).

Cuando unas cadenas se unen con otras vecinas a través de otras cadenas de igual o diferente naturaleza se llega a obtener una red tridimensional (figura 4.3d) y el polímero se hace insoluble y no funde. Se habla entonces de polímeros entrecruzados o reticulados. Para la formación de la red tridimensional es necesario que cada molécula se una en dos o más puntos a otras moléculas. Las redes entrecruzadas verdaderas se logran cuando existen muchos puntos de unión por cadena primaria, de modo que los polímeros entrecruzados que forman redes tridimensionales se consideran formados por una sola molécula de tamaño infinito.

Estas estructuras, **polímeros lineales con o sin ramificaciones**, y **polímeros entrecruzados** se corresponden en la práctica con dos grupos de materiales denominados **termoplásticos** y **termoestables**. Su constitución estructural determina propiedades bien diferentes y también métodos de transformación distintos. Los materiales termoplásticos son básicamente polímeros lineales no entrecruzados, pudiendo hacerse fluidos por calentamiento y tomar una forma determinada, forma que mantienen una vez fríos. Este proceso de calentamiento, toma de forma y enfriamiento puede repetirse, en principio, indefinidamente (considerando, naturalmente, que no tienen lugar procesos de descomposición térmica). Son, por tanto, reciclables.

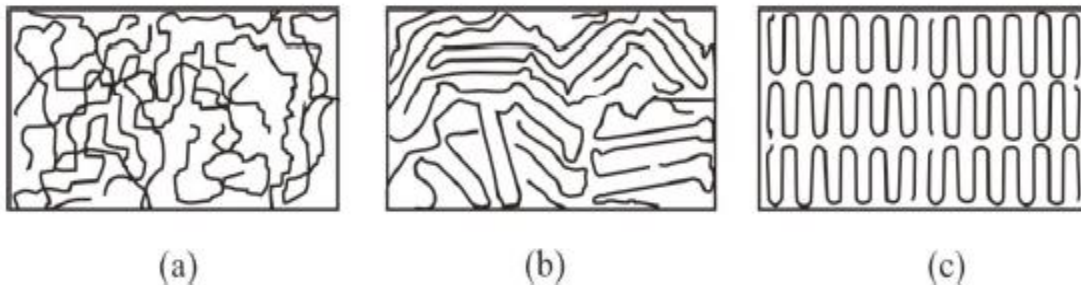


Por otro lado, los materiales termoestables, debido a su estructura entrecruzada, no funden y son insolubles. En la práctica, para poder dar forma a estos materiales se parte de un intermedio (plástico **termoendurecible**) que todavía es capaz de fundir, teniendo lugar la polimerización y el entrecruzamiento en el propio proceso de toma de forma. La gran mayoría de los polímeros de adición son termoplásticos. Entre los polímeros de condensación, algunos son termoplásticos (poliamidas, policarbonatos, poliésteres lineales, poliuretanos lineales, etc.) y otros típicamente termoestables (poliésteres insaturados, resinas epoxi, resinas fenólicas, resinas de urea, etc.).

## **2.2. Estructura física.**

### **2.2.1. Estado amorfo y estado cristalino.**

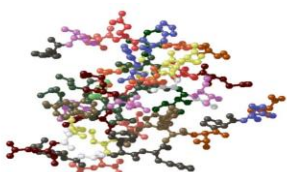
Los términos cristalino y amorfo se utilizan normalmente para indicar las regiones ordenadas y desordenadas de los polímeros, respectivamente. La Figura 4.4 muestra un esquema de un sistema amorfo, uno semicristalino y otro cristalino. En estado sólido algunos polímeros son completamente amorfos, otros son semicristalinos y, dependiendo de las condiciones de cristalización, un polímero con capacidad de cristalizar puede ser amorfo o semicristalino. Con frecuencia se utiliza el término cristalino en lugar de semicristalino, aunque ningún polímero es completamente cristalino.



**FIGURA 4.4.- Sistema amorfo (a), semicristalino (b) y cristalino (c).**

## **3. Propiedades comunes de los polímeros.**

A pesar de que los distintos plásticos presentan grandes diferencias en su composición y estructura, hay una serie de propiedades comunes a todos ellos y que los distinguen de otros materiales. Un ejemplo de alguna de estas propiedades se encuentra en la Tabla 4.4.





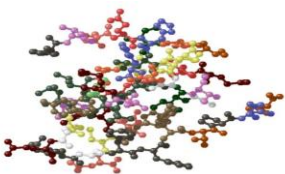
Material	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Cond. Term. (W/mK)	Cond. Elec. (S)
Plásticos	0.9-2.3	0.15-0.5	---
PE	0.9-1.0	0.32-0.4	---
PC	1.0-1.2	---	---
PVC	1.2-1.4	---	10 <sup>-15</sup>
Acero	7.8	17.50	5.6
Aluminio	2.7	211	38.5
Aire	---	0.05	---

**TABLA 4.4.- Densidad, conductividad térmica y eléctrica de diferentes materiales.**

El rango de *densidades* de los plásticos es relativamente bajo y se extiende desde 0.9 hasta 2.3 g/cm<sup>3</sup> (Tabla 4.4). Entre los plásticos de mayor consumo se encuentran el PE y el PP, ambos materiales con densidad inferior a la del agua. La densidad de otros materiales a los que los plásticos sustituyen en algunas aplicaciones es varias veces mayor, como es el caso del aluminio o del acero. Esta densidad tan baja se debe fundamentalmente a dos motivos; por un lado los átomos que componen los plásticos son ligeros (básicamente C y H, y en algunos casos además O, N o halógenos), y por otro, las distancias medias entre átomos dentro de los plásticos son relativamente grandes. Una densidad tan baja permite que los plásticos sean materiales fáciles de manejar y por otra parte, supone una gran ventaja en el diseño de piezas en las que el peso es una limitación.

Por otra parte, el valor de la *conductividad térmica* de los plásticos es sumamente pequeño. Los metales, por ejemplo, presentan conductividades térmicas 2000 veces mayores que los plásticos (Tabla 4.4); esto se debe a la ausencia de electrones libres en el material plástico. La baja conductividad térmica resulta un inconveniente durante la transformación de los plásticos. El calor necesario para transformar los plásticos se absorbe de manera muy lenta y la eliminación del calor durante la etapa de enfriamiento resulta igualmente costosa. Sin embargo, en muchas aplicaciones de los plásticos, la baja conductividad térmica se convierte en una ventaja, pues permite el empleo de estos materiales como aislantes térmicos.

Igualmente los plásticos conducen muy mal la corriente eléctrica. Presentan resistencias muy elevadas, y por tanto, baja *conductividad eléctrica* (Tabla 4.2). La





resistencia eléctrica es función de la temperatura, y a elevadas temperaturas conducen mejor. Gracias a su elevada resistencia eléctrica los plásticos se utilizan frecuentemente como aislantes eléctricos de aparatos y conducciones que funcionan con corriente o la transportan.

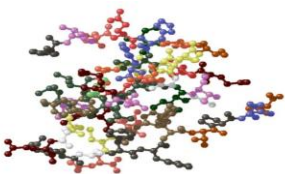
En cuanto a las *propiedades ópticas*, los plásticos que no contienen aditivos son por lo general bastante traslúcidos, aunque esta propiedad está fuertemente influenciada por la cristalinidad del material. Los polímeros amorfos son transparentes, mientras que los cristalinos son opacos. Las zonas cristalinas dispersan la luz, evitando así su libre transmisión, dando lugar a translucidez u opacidad excepto cuando se orientan o se tratan secciones muy finas. Por el contrario, en los polímeros amorfos el empaquetamiento al azar de las moléculas no causa una difracción de la luz importante, permitiendo una transparencia muy buena y una transmitancia a la luz que puede ser superior al 90%. Termoplásticos amorfos como el PC, PMMA y PVC presentan transparencia que no difieren mucho de la del propio vidrio. La transparencia de los plásticos se puede perder, al menos parcialmente, por exposición a la intemperie o a cambios bruscos de temperatura.

La resistencia química de los polímeros también está fuertemente influenciada por el grado de cristalinidad. En los polímeros cristalinos los disolventes pueden atacar ligeramente la superficie del polímero, que tiene una menor cristalinidad. Cuando se aplica un esfuerzo las grietas producidas no se propagan una vez que llegan a las zonas cristalinas. Los polímeros amorfos presentan una mayor solubilidad que los cristalinos. Los disolventes atacan al polímero formando pequeñas grietas que se extienden por todo el polímero cuando se aplica un esfuerzo por pequeño que sea.

#### **4. Propiedades mecánicas.**

Los plásticos se encuentran sometidos a diferentes estados de carga en sus distintas aplicaciones, por lo que la selección del material adecuado para cada una de ellas se basa, entre otras consideraciones, en sus propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de los polímeros dependen, fundamentalmente, de su composición, estructura y condiciones de procesado. Asimismo, existen otros factores que influyen en las mismas y son, principalmente, el tiempo (velocidad de aplicación de los esfuerzos) y la temperatura.

Precisamente debido al carácter viscoelástico de los plásticos, el comportamiento de estos materiales cuando se les aplica un esfuerzo a velocidad elevada no puede extrapolarse para aplicaciones en las que la carga se aplica durante periodos prolongados de tiempo. Los ensayos a corto plazo y a largo plazo simulan estas situaciones en el laboratorio. En los ensayos a largo plazo se estudia la deformación que sufre un material bajo un esfuerzo o una deformación constante en función del tiempo y son especialmente adecuados en el diseño de



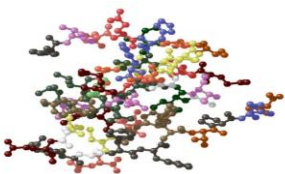
piezas que tienen que sufrir esfuerzos intermitentes.

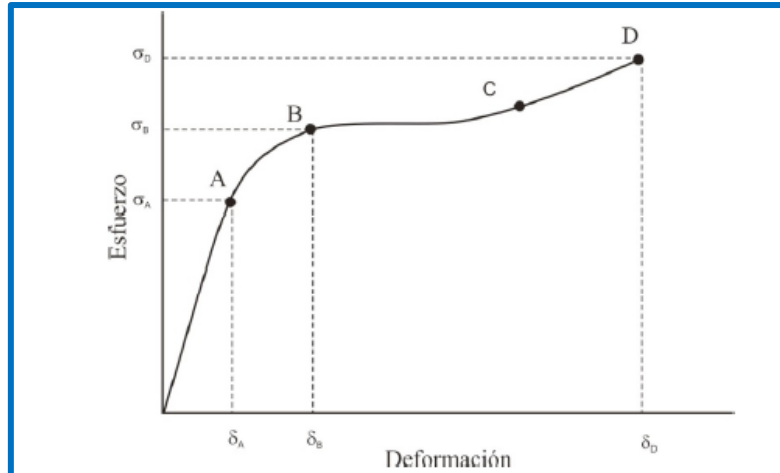
Por otra parte, la respuesta de un material puede ser muy diferente dependiendo del tipo de esfuerzo al que se vea sometido. Para caracterizar un material para una aplicación determinada es conveniente estudiar su comportamiento ante el tipo de esfuerzo al que va a ser sometido y no es prudente extrapolar los resultados de un tipo de ensayo a otro. Dentro de los ensayos a corto plazo, en los que no se tiene en cuenta el tiempo de aplicación del esfuerzo, estudiaremos el comportamiento de los materiales cuando se aplican esfuerzos en tracción, flexión, compresión e impacto. Por otra parte, hay dos tipos fundamentales de ensayos a largo plazo: los ensayos de fluencia y los de relajación de esfuerzos. Los ensayos de fluencia consisten en aplicar una carga fija a una muestra y estudiar la deformación resultante en función del tiempo. En los ensayos de relajación de esfuerzos se aplica una deformación fija a una muestra y se estudia la variación de la carga requerida para mantener la deformación en función del tiempo. Veremos cada uno de ellos con mayor detalle.

La Figura 4.5 muestra una curva típica esfuerzo-deformación obtenida en un ensayo a corto plazo, en el que el esfuerzo aplicado varía de forma constante. Como se ha comentado existen varios tipos de ensayos, pero la forma general de las curvas es siempre muy parecida aunque la respuesta del material puede ser muy diferente dependiendo de la orientación del esfuerzo.

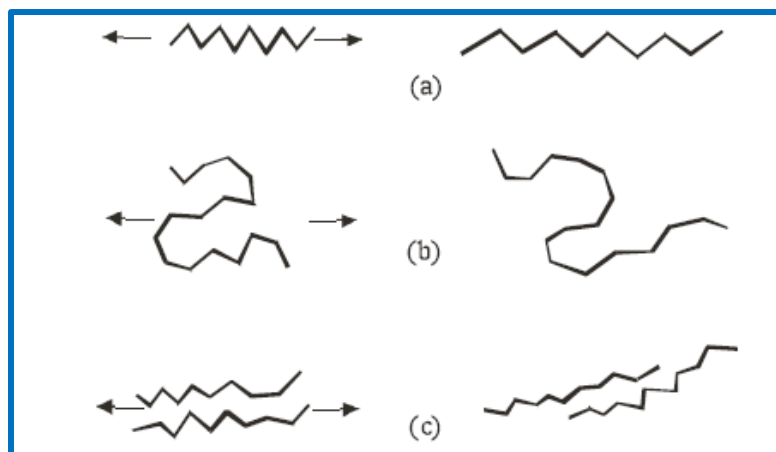
La curva esfuerzo-deformación se puede dividir en varios tramos. El primer tramo de la curva OA es lineal y muestra una proporcionalidad entre esfuerzo y deformación, es decir el material se comporta siguiendo la ley de Hooke. El punto A se conoce como **límite de proporcionalidad**. Aunque en el tramo AB ya no hay proporcionalidad entre esfuerzo y deformación, el material todavía se comporta como elástico, es decir, la deformación desaparecería totalmente si cesara el esfuerzo.

Las deformaciones por debajo del punto A son relativamente pequeñas y se asocian con la extensión de los enlaces existentes entre los átomos de las moléculas de plástico, tal y como se muestra en la figura 4.6 (a). Este tipo de deformación es instantánea y completamente recuperable. No hay desplazamiento de unas moléculas respecto a otras. La deformación que tiene lugar entre los puntos A y B es consecuencia del “estiramiento” de moléculas que se encuentran enrolladas sobre sí mismas, como se muestra en la figura 4.6 (b). Tampoco en este caso hay desplazamiento de unas moléculas respecto a otras, por lo que la deformación es recuperable, aunque no de forma instantánea.



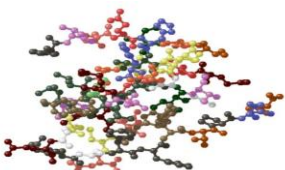


**FIGURA 4.5.- Curva típica esfuerzo-deformación de un plástico.**



**FIGURA 4.6.- Tipos de deformación de las moléculas: (a) por extensión de enlaces, (b) por desenrollamiento de moléculas, (c) por desplazamiento.**

Volviendo a la figura 4.5, a partir del punto B la deformación deja de ser elástica por lo que este punto recibe el nombre de **límite elástico o punto de fluencia**. Los esfuerzos y deformaciones correspondientes a este punto reciben el nombre de esfuerzo límite y deformación límite, respectivamente. Las deformaciones que tienen lugar por encima del límite elástico dejan de ser recuperables, debido a que estas deformaciones son consecuencia del deslizamiento de unas moléculas respecto de otras (Figura 4.6 (c)). Las moléculas que se han desplazado no pueden volver a su posición original, por lo que la deformación es irreversible. En este caso el material ya no se comporta como un cuerpo elástico si no como un sólido plástico. El tramo BC, es aproximadamente horizontal, como consecuencia de que el material se hace dúctil y fluye a poco que varíe el esfuerzo aplicado. Después del punto C, puede ocurrir que para seguir deformando el material haya



que aplicar un esfuerzo algo mayor, debido a que el material puede haber sufrido un ligero reforzamiento. El punto final D corresponde al momento en que el material rompe, con un esfuerzo de rotura D que recibe el nombre de **resistencia a la rotura** y una deformación D que en el caso de ensayos de tracción se llama **alargamiento a la rotura**.

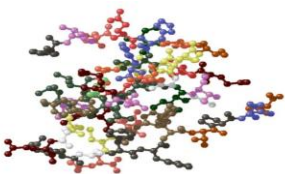
La pendiente de la parte recta de la curva (tramo OA) se conoce como **módulo de Young**, o simplemente módulo. Los plásticos que tienen un módulo alto se suelen llamar **plásticos duros**, mientras que los que tienen un módulo bajo son **plásticos blandos**. Plásticos duros son, por ejemplo, las resinas de fenol-formaldehído (PF), polioximetileno (POM), policarbonato (PC) y polietilenterftalato (PET). Esta dureza no debe confundirse con la dureza superficial, que normalmente se define como la resistencia de un material a ser rayado o penetrado. Para evitar confusiones los plásticos duros (con alto módulo) deberían llamarse **plásticos rígidos**. Según la norma ASTM los plásticos rígidos son aquellos que tienen un módulo superior a 700 MPa, los semirígidos tienen un módulo entre 70 y 700 MPa y los blandos son aquellos con un módulo inferior a 70 MPa. La **tenacidad** se puede estimar como el área total OABCDO. Representa el trabajo total que debe hacerse para romper el material. Cuando mayor cantidad de energía pueda absorber un material experimentando grandes deformaciones, más tenaz será. El término **fragilidad** hace referencia a la falta de tenacidad.

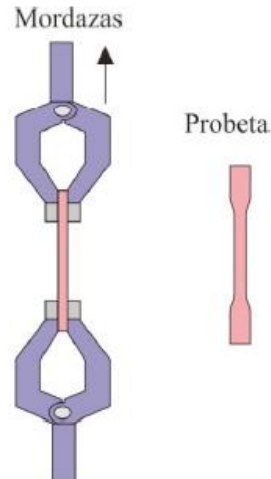
#### 4.1. Ensayos de tracción.

Los ensayos de tracción son una medida de la respuesta de un material ante una fuerza que tiende a estirarlo. De estos ensayos se suele obtener información sobre la resistencia a la tracción, elongación y módulo, como se ha descrito en la Figura 4.5.

Los aparatos para realizar los ensayos de tracción constan de un brazo fijo y uno móvil, ambos dotados con unas mordazas donde se sujetan las probetas. Los brazos se separan a una velocidad constante mientras se determina la carga y la extensión.

Las probetas que se emplean en los ensayos de tracción normalmente se preparan mediante inyección o compresión, o también se pueden obtener recortándolas de zonas planas de las piezas ya transformadas. Las probetas deben tener unas dimensiones normalizadas, que pueden variar según la aplicación. En la Figura 4.7 se muestran las mordazas y una probeta de tipo halterio.

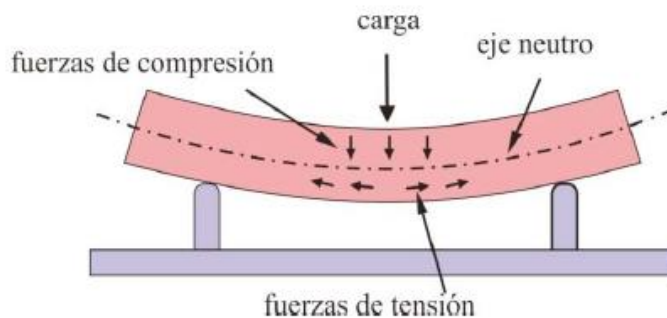




**FIGURA 4.7.- Mordazas y probeta tipo halterio para ensayos de tracción.**

#### **4.2. Ensayos de flexión.**

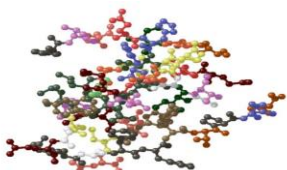
La resistencia a la flexión de un material es su capacidad para soportar fuerzas aplicadas en su eje longitudinal. Los esfuerzos inducidos por una carga de flexión son realmente una combinación de esfuerzos de tracción, compresión y cizalla, como se muestra en la figura 4.8. Las propiedades de flexión se calculan referidas al esfuerzo y deformación que se producen en la superficie externa de la probeta empleada.



**FIGURA 4.8.- Fuerzas implicadas en los ensayos de flexión.**

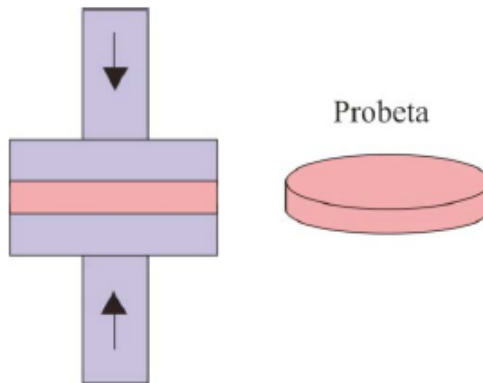
#### **4.3. Ensayos de compresión.**

Los ensayos de compresión se emplean para estudiar el comportamiento del material cuando está sujeto a una carga compresiva a una velocidad de carga relativamente alta y uniforme. A pesar de que en muchas aplicaciones los plásticos están sujetos a cargas de compresión, estos ensayos tienen aplicaciones limitadas. En la práctica las cargas compresivas se suelen aplicar durante



periodos prolongados de tiempo, como por ejemplo en el caso de aquellos plásticos que se emplean en juntas, tacos de sillas y mesas, etc. En aquellos polímeros que se rompen en un ensayo de compresión, la resistencia a la compresión tiene un valor definido, sin embargo en algunos casos los polímeros se siguen deformando hasta que forman una lámina muy delgada sin que se produzca una fractura bien definida. En estos casos la resistencia a la compresión obtenida del ensayo no proporciona un valor claro.

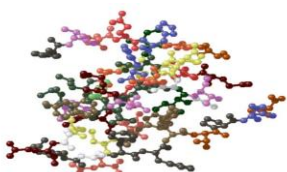
La máquina empleada en los ensayos de compresión es prácticamente la misma que se emplea en los ensayos de tracción; sólo cambia la forma de las mordazas y la dirección en la que se aplica el esfuerzo (Figura 4.9). Las probetas empleadas para este tipo de ensayos suelen ser láminas rectangulares o discos.



**FIGURA 4.9.- Mordazas para ensayo de compresión y probetas.**

#### **4.4. Ensayos de impacto.**

Se define la resistencia al impacto como la energía absorbida por un material por unidad de área ante un impacto. La capacidad de absorber energía depende no sólo del material, sino también de su forma, tamaño, espesor, etc. Un plástico es más susceptible de producir fallo cuando es sometido a un impacto que cuando esa misma carga se aplica más lentamente, debido a que en el impacto el material no tiene la oportunidad de compensar el esfuerzo con movimiento molecular, es decir, no puede orientarse ni relajarse. Los dos ensayos de impacto más frecuentes son los de tipo péndulo y los de tipo dardo. Existen versiones instrumentadas y no instrumentadas de los equipos que se emplean para realizar estos ensayos. Estas últimas, dada su sencillez, se encuentran muy extendidas.





#### 4.4.1. Ensayos tipo péndulo.

La figura 4.10 muestra una representación de un equipo de impacto tipo péndulo. El péndulo consta de un martillo de masa  $M$  unido a un eje de giro mediante un brazo de masa  $m$ . En su posición inicial (elevado) el péndulo posee una energía potencial:

$$E_p = m_0 g h_0$$

Donde  $m_0$  y  $h_0$  son la masa y altura del centro de masas formado por el péndulo y el brazo. En el ensayo se deja caer el péndulo y cuando éste alcanza el punto más bajo de su recorrido toda la energía potencial se habrá transformado en cinética y el péndulo se moverá a una velocidad  $v = \sqrt{2gh_0}$ . En ese punto se produce el impacto sobre la probeta y ésta absorberá parte de la energía del péndulo. El péndulo seguirá su recorrido elevándose hasta una altura  $h_f$  que depende de la cantidad de energía que le quedó disponible tras el impacto. La diferencia de energía potencial entre el punto inicial y final  $\Delta E = m_0 g (h_0 - h_f)$  es la energía empleada por el péndulo durante el ensayo, la cuál es la suma de la energía necesaria para flexionar la probeta, iniciar la fractura, propagarla y acelerar la parte de la probeta rota que sale despedida tras el impacto. La energía perdida por fricción y vibración del aparato es mínima, por lo que se considera despreciable. El resultado del ensayo es la resistencia al impacto expresada como la energía gastada por el péndulo obtenida como se acaba de indicar, y dividida por la sección de la probeta. Las probetas empleadas en este tipo de ensayos tienen una hendidura para mejorar la reproducibilidad de los mismos, si bien este tipo de probetas son más difíciles de preparar que otros.

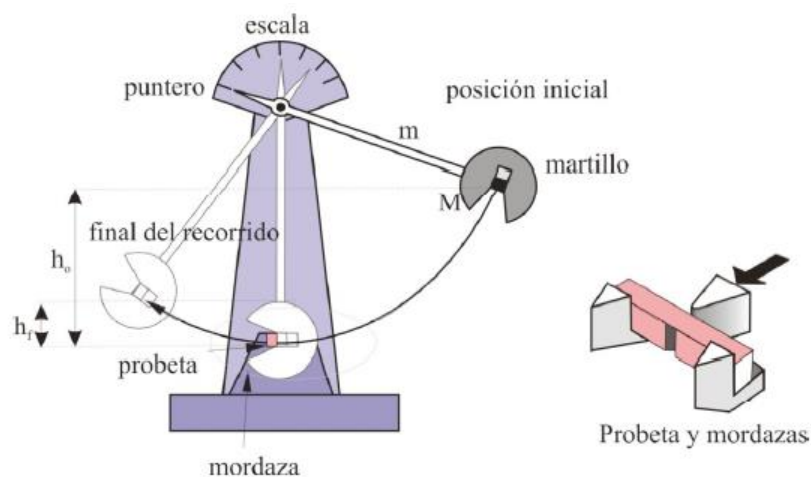
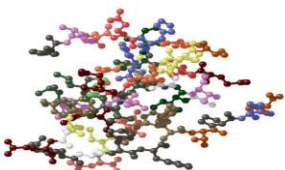


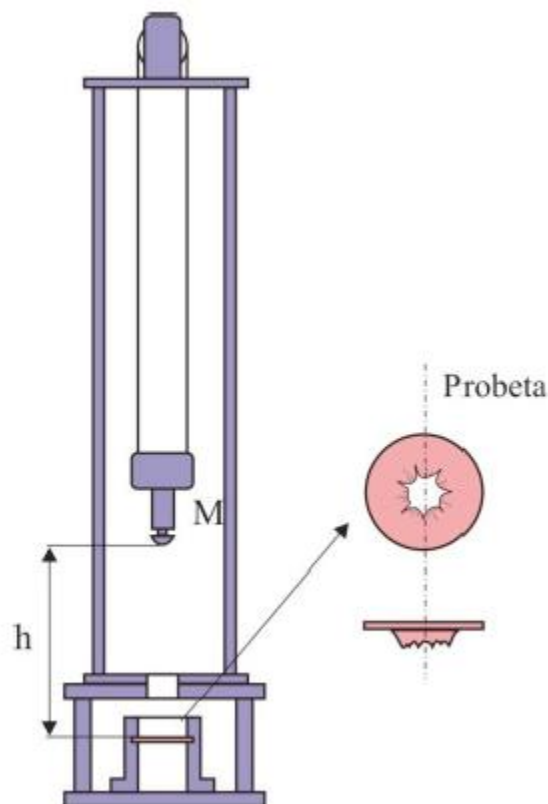
FIGURA 4.10.- Máquina de ensayos de impacto de tipo péndulo y forma de las probetas.



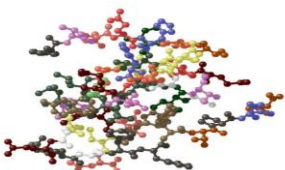
#### 4.4.2. Ensayos tipo dardo

El principio básico de este ensayo es someter a la muestra al impacto de una masa conocida (dardo) que cae desde una altura determinada. Las probetas tienen forma cuadrada o rectangular y pueden obtenerse por compresión, inyección o troquelándolas de una parte lisa de una pieza procesada. Este ensayo tiene la ventaja sobre otros de que las probetas pueden proceder de piezas reales. Los resultados obtenidos son más representativos del comportamiento del plástico que los resultados de los ensayos pendulares, ya que en este caso hay menor dependencia de la geometría del ensayo, de la muestra, etc.

También resulta conveniente observar las superficies de fractura de las probetas ya que pueden proporcionar información sobre qué tipo de rotura se ha producido (frágil o dúctil). En la Figura 4.11 se representa un ejemplo de una probeta con una rotura dúctil.



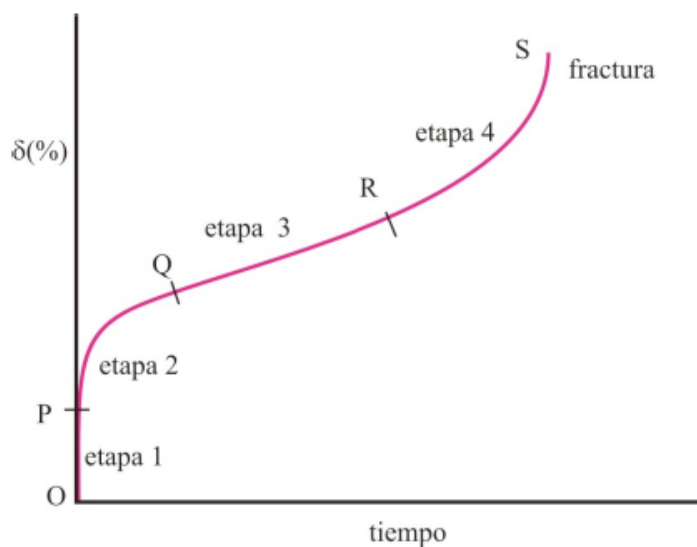
**FIGURA 4.11.- Equipo de ensayos de impacto tipo dardo y forma de las probetas.**



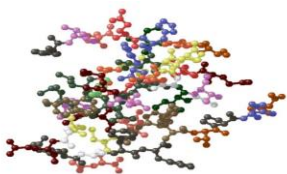


#### 4.5. Ensayos de fluencia.

Los ensayos de fluencia, al igual que los de recuperación de esfuerzos, son ensayos a largo plazo, es decir se realizan durante periodos de tiempo considerables, lo cual lógicamente es una desventaja, si bien pueden ser más representativos del comportamiento real de materiales sometidos a este tipo de esfuerzos. En los ensayos de fluencia también es frecuente encontrar las versiones instrumentadas y no instrumentadas. El ensayo consiste en aplicar una carga fija a una probeta en forma de paralelepípedo y determinar la deformación en función del tiempo hasta que la muestra rompe o hasta que el incremento de la deformación es muy pequeño (generalmente durante horas o días). Se representa la deformación en función del tiempo empleando, por lo general, en escala logarítmica para el tiempo. El comportamiento en los ensayos de fluencia varía mucho dependiendo del tipo de plástico, sin embargo bajo el esfuerzo y temperatura adecuados, todos los plásticos exhiben un comportamiento característico de fluencia. En la Figura 4.12 se muestra una curva de fluencia completa. La curva puede dividirse en cuatro etapas. La primera etapa (OP) representa la deformación elástica instantánea. En la segunda, PQ, la deformación tiene lugar rápidamente pero a una velocidad decreciente. Esta etapa en la que la velocidad de fluencia decrece con el tiempo se llama de “fluencia primaria”. La etapa 3 de la curva es prácticamente recta y se caracteriza por una velocidad constante de fluencia. Este proceso se llama de “flujo frío”. En la última zona RS se produce un marcado aumento de la velocidad de fluencia del material hasta que tiene lugar la fractura. A la fractura producida de esta forma se le llama rotura de fluencia o de fatiga estática.



**FIGURA 4.12.- Curva típica de fluencia.**



#### 4.6. Ensayos de relajación de esfuerzos.

Una consecuencia importante de la naturaleza viscoelástica de los plásticos es que cuando están sujetos a una deformación determinada y esta deformación se mantiene constante, se observa que el esfuerzo necesario para mantener la deformación disminuye con el tiempo. A este fenómeno se le conoce como relajación de esfuerzos y es de vital importancia para el diseño de juntas, precintos, y muelles. La Figura 4.13 muestra un comportamiento de este tipo. En el eje de abscisas se muestra el tiempo en escala logarítmica y en el de ordenadas la variación del esfuerzo aplicado respecto al esfuerzo inicial.

Los ensayos de fluencia son mucho más frecuentes que los de relajación de esfuerzos, puesto que la forma de realizarlos es más sencilla y en el caso de los de relajación de esfuerzos no existe versión no instrumentada del equipo, sin embargo, en algunas aplicaciones se hace necesario el empleo de este tipo de ensayos. Por ejemplo, cuando se emplean hilos de plástico en los cierres de botellas que estarán expuestos a una deformación constante, se requiere que el esfuerzo de relajación sea lo menor posible. Si el esfuerzo es grande, el cierre fallará. Problemas similares pueden tener lugar en los plásticos que se utilizan como precintos y en los que contienen inserciones metálicas.

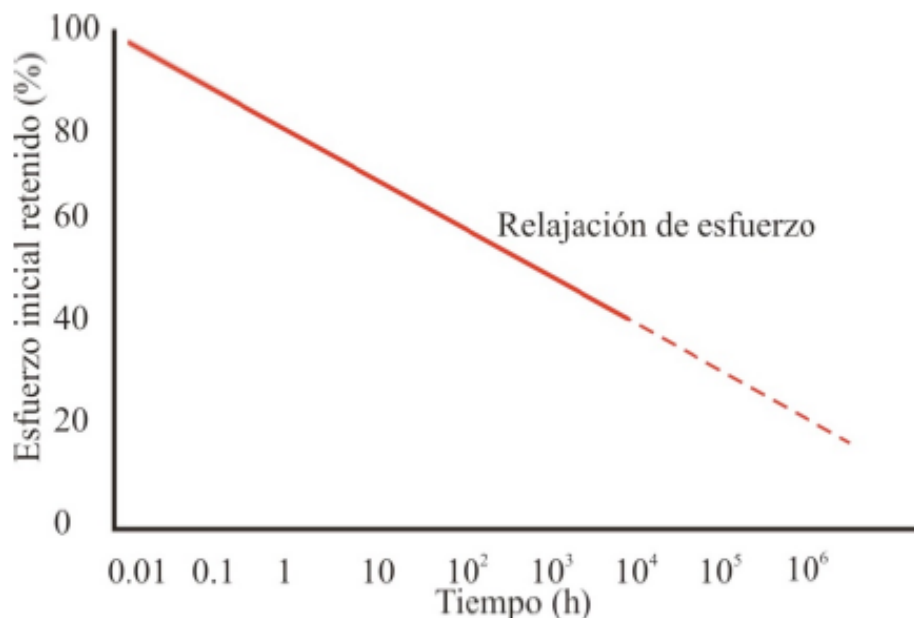
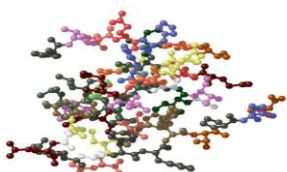


FIGURA 4.13.- Curva típica de un ensayo de relajación de esfuerzos.



## 5. Tipos de plásticos

Los plásticos se pueden agrupar o clasificar de maneras muy diferentes, si bien todas las posibles clasificaciones pueden resultar en algún momento ambiguas y por lo general un mismo plástico se encuentra en diferentes grupos. En este caso se muestra la clasificación propuesta por Crawford (Plastics Engineering, 3rd ed., R. J. Crawford, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999) que se basa en las propiedades más destacadas desde el punto de vista del diseño de piezas y de selección del material para una aplicación determinada. De acuerdo con esta clasificación a continuación se describen brevemente los principales tipos de plásticos, sus propiedades y ejemplos de plásticos pertenecientes a cada tipo.

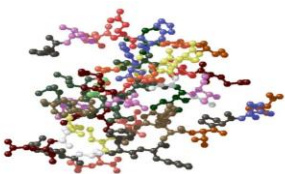
### 5.1. Termoplásticos

Los termoplásticos son polímeros lineales, que pueden estar ramificados o no. Puesto que no se encuentran entrecruzados son polímeros solubles en algunos disolventes orgánicos, son capaces de fundir y son, por tanto, reciclables. Si los comparamos con los demás tipos de plásticos, los termoplásticos se fabrican y emplean en cantidades muy grandes y entre ellos los más frecuentes son PE, PP, PS y PVC. De hecho, más de la mitad de la cifra total de plásticos procesada corresponde a los cuatro plásticos citados.

Para que un polímero tenga aplicación como termoplástico debe tener una temperatura de transición vítrea  $T_g$  (si se trata de un material amorfo), o una temperatura de fusión  $T_m$  (si se trata de un material cristalino), superior a la temperatura ambiente. Por lo general, los materiales termoplásticos presentan un buen conjunto de propiedades mecánicas, son fáciles de procesar y bastante económicos. La principal desventaja deriva del hecho de que son materiales que funden, de modo que no tienen aplicaciones a elevadas temperaturas puesto que por encima de la  $T_g$  comienzan a reblandecer, con la consiguiente pérdida de propiedades mecánicas.

### 5.2. Plásticos de altas prestaciones (o plásticos ingenieriles)

Los plásticos de altas prestaciones son un grupo de termoplásticos que se caracterizan por poseer unas propiedades mecánicas excepcionalmente buenas. En principio la denominación de "materiales de altas prestaciones" se comenzó a utilizar para aquellos materiales que pudieran sustituir satisfactoriamente a metales tales como el aluminio en algunas aplicaciones. Sin embargo como ya se ha comentado, las propiedades de los plásticos, a diferencia de las de los metales, se ven muy afectadas por la temperatura de trabajo y dado su marcado comportamiento viscoelástico, sus propiedades mecánicas son fuertemente dependientes del tiempo de aplicación del esfuerzo. En este sentido todos los plásticos de altas prestaciones están en desventaja comparados con los metales, sin embargo presentan grandes ventajas sobre éstos, como baja densidad,



resistencia a muchos líquidos que corroen a los metales y se procesan más fácilmente y se pueden producir piezas con diseños más complejos que con metales.

Los plásticos de altas prestaciones se obtienen por polimerización de monómeros que incorporan anillos de benceno en la cadena del polímero. Estos anillos aromáticos dan rigidez a la cadena y confieren temperaturas de fusión muy elevadas, de modo que el plástico podrá exponerse a temperaturas superiores a los 200 °C (y en ocasiones superiores a los 300 °C) durante periodos prolongados de tiempo manteniendo sus propiedades mecánicas.

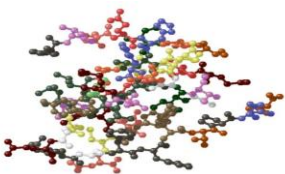
### **5.3. Termoestables**

Como ya se comentó, los termoestables son materiales que adquieren un estado final reticulado (entrecruzado), que los hace insolubles e incapaces de fundir. A estos materiales se llega partiendo de materias primas de bajo peso molecular de las que se obtiene, en una primera fase, un producto intermedio (prepolímero), muy poco o nada reticulado, todavía capaz de fundir y fluir, y por tanto de rellenar un molde. La reticulación espacial que da lugar a la formación de la macromolécula termoestable tiene lugar por reacción química (curado) durante el moldeo de la pieza. Puesto que no funden y no reblandecen son materiales que presentan muy buenas propiedades a elevadas temperaturas. Junto con su alta resistencia térmica presentan alta resistencia química, rigidez, dureza superficial, buena estabilidad dimensional, entre otras ventajas sobre otros materiales.

Sin embargo el empleo de estos materiales ha ido disminuyendo en los últimos años. Existen numerosas razones por las que esto ha ocurrido. Los termoestables requieren métodos de transformación lentos, puesto que la reacción de polimerización tiene lugar dentro del molde. Los acabados son pobres comparados con los de la mayoría de los termoplásticos; por lo general las resinas termoestables son bastantes opacas y en muchos casos presentan cierta coloración amarillenta.

### **5.4. Elastómeros**

Los elastómeros o cauchos son generalmente polibutadienos o compuestos que contienen dobles enlaces en la cadena principal, de modo que las cadenas de polímero se encuentran enrolladas sobre sí mismas, lo que les confiere gran flexibilidad. Estos materiales son capaces de soportar deformaciones muy grandes recuperando su forma inicial una vez que se elimina el esfuerzo. En los elastómeros suele producirse un entrecruzamiento parcial de las cadenas para evitar que cada vez que estos materiales se ven sometidos a un esfuerzo las moléculas se deslicen unas sobre otras, lo que provocaría deformaciones irreversibles. El entrecruzamiento o curado a que se somete a estos materiales



es similar al de los termoestables, pero en este caso el grado de entrecruzamiento es mucho más bajo, puesto que debe ser suficientemente espaciado, de modo que no impida el desenrollamiento de las cadenas, que es en definitiva lo que confiere al material la capacidad de recuperar su forma inicial cuando cesa el esfuerzo al que es sometido.

Los elastómeros son materiales muy tenaces, resistentes a aceites y grasas y al ozono, y presentan buena flexibilidad a bajas temperaturas. De hecho, todos los elastómeros tienen temperaturas de transición vítrea inferiores a la temperatura ambiente. Presentan, sin embargo, algunas de las desventajas de los termoestables: requieren un procesado lento, lo que consume grandes cantidades de tiempo y energía, y en principio no son reciclables.

### **5.5. Composites**

Los composites o plásticos compuestos, son materiales con muy buenas propiedades mecánicas; elevada dureza y resistencia a la tracción. Están formados por dos componentes inmiscibles que forman dos fases separadas, lo que les confieren propiedades muy interesantes. Constan de una matriz, que se trata generalmente de un polímero termoplástico, aunque ocasionalmente puede ser termoestables, y de una carga, que se suele tratar de una fibra con muy buena resistencia a la tracción, por lo general fibra de vidrio o de carbón.

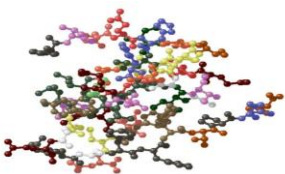
Las propiedades de los materiales compuestos no sólo dependerán de las características de cada componente, sino también de la naturaleza de la interfase. En estos materiales la carga o refuerzo mejora las propiedades de la matriz polimérica, de modo que combinan las ventajas de los termoplásticos o termoestables, según se trate, con las del refuerzo. En contraposición estos materiales resultan caros y su procesado es más complejo que el de otros materiales.

### **5.6. Plásticos espumados**

Son por lo general termoplásticos con una estructura celular, que contienen grandes proporciones de celdillas finas llenas de gas. Estas celdillas pueden ser cerradas o abiertas. Las propiedades físicas de los materiales resultantes serán intermedias entre las del sólido y las del gas. En los plásticos espumados se consigue importantes reducciones de la densidad, conductividad térmica, propiedades dieléctricas y disipación de energía acústica y mecánica.

### **5.7. Cristales líquidos**

Los cristales líquidos (LCP) son termoplásticos basados en poliésteres aromáticos que presentan estructuras altamente ordenadas al menos en una dirección espacial, incluso en estado líquido o fundido. Cuando estos materiales son sometidos a un esfuerzo las moléculas pueden deslizarse unas sobre otras, pero



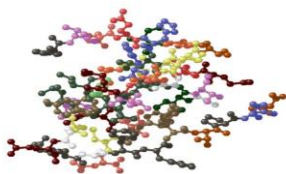
sin llegar a perder nunca la estructura ordenada. Esta estructura tan especial les confiere propiedades térmicas, mecánicas y ópticas excepcionales. Actualmente han despertado un gran interés pues presentan amplias aplicaciones tecnológicas, especialmente en los dispositivos de visualización gráfica.

## **6. Tipos de aditivos.**

La industria de los plásticos conoce desde siempre que la obtención de productos verdaderamente útiles como lo son los selladores sólo es posible si a la matriz polimérica se añaden ciertos aditivos. En general, se consideran aditivos aquellos materiales que van dispersos físicamente en una matriz polimérica, sin afectar a su estructura molecular. Por tanto, quedan excluidas sustancias tales como catalizadores, reticulantes, etcétera. La incorporación de aditivos a plásticos puede alterar considerablemente las propiedades del material.

Los aditivos se clasifican según su función y no en relación con su constitución química (Tabla 4.5). Por su especial importancia, en este tema trataremos los plastificantes, estabilizantes, lubricantes, modificadores de impacto, retardantes de llama, agentes espumantes, cargas y pigmentos y colorantes.

Todos los aditivos deben cumplir una serie de requisitos técnicos. En general se espera que sean altamente eficaces, de modo que se consigan los objetivos propuestos a una concentración que sea aceptable económicamente. Ciertas mejoras en una determinada propiedad pueden dar lugar al empeoramiento de otras; por tanto, lo que determina la elección final de uno o varios aditivos es el comportamiento considerado en su conjunto. En algunos casos, cuando las moléculas de aditivo deben interactuar con las de polímero es preciso que exista una compatibilidad alta, es decir, una alta miscibilidad a nivel molecular. Sin embargo en otros casos es deseable que el aditivo y el polímero formen dos fases bien diferenciadas. Un aditivo, además, no debe ser volátil en las condiciones del proceso de transformación. Esto significa que debe tener una tensión de vapor baja a altas temperaturas y no debe tender a agregarse, lo que daría lugar a un depósito del aditivo en forma de capa fina superficial. Un aditivo no debe exudar durante su vida en servicio, ya que daría lugar a problemas de estética y a la pérdida de eficacia por eliminación del aditivo. Los aditivos inorgánicos insolubles, tales como pigmentos, cargas, etc., no dan lugar, en general, a fenómenos de exudación, mientras que los plastificantes de bajo peso molecular, por ejemplo, tendrán más tendencia a migrar y exudar a la superficie durante el proceso de transformación y posteriormente por envejecimiento. Además, pueden ser vehículo para la migración de otros aditivos solubles. Por último, un aditivo no debe ser tóxico ni perjudicial para la salud del personal que lo manipule ni tampoco para los usuarios, especialmente cuando el material se utiliza para entrar en contacto con productos alimentarios, farmacéuticos o que se emplean en juguetería.





<b>Función del aditivo</b>	<b>Tipo de aditivo</b>
Aditivos que facilitan el procesado	Estabilizantes Lubricantes
Aditivos que modifican las propiedades mecánicas	Plastificantes Cargas reforzantes Modificadores de impacto
Aditivos que disminuyen costos de las formulaciones	Cargas Diluyentes y extendedores
Modificadores de propiedades superficiales	Agentes antiestáticos Aditivos antideslizamiento Aditivos antidesgaste Promotores de adhesión
Modificadores de propiedades ópticas	Pigmentos y colorantes Agentes de nucleación
Aditivos contra el envejecimiento	Estabilizantes contra luz UV Fungicidas
Otros	Agentes espumantes Retardantes de llama

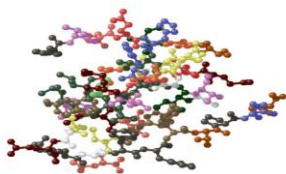
**TABLA 4.5.- Aditivos para plásticos**

La concentración de los aditivos en las formulaciones de plásticos generalmente se expresa en peso referida a 100 gramos de polímero o phr (partes por 100 de resina).

### **6.1. Plastificantes.**

Según el Consejo de la IUPAC “un plastificante es una sustancia que se incorpora a un material plástico o elastómero para aumentar su flexibilidad y facilitar su transformación. Un plastificante puede reducir la viscosidad del fundido, rebajar la temperatura de transición vítrea o disminuir el módulo elástico del fundido”. Esta definición pone de manifiesto las múltiples funciones que puede desarrollar un plastificante en un sistema polímero-plastificante.

Desde el punto de vista tecnológico, la eficacia de un plastificante se suele expresar como la cantidad de plastificante necesaria para alcanzar un valor dado de una propiedad de interés práctico; por ejemplo, la cantidad en que el valor de la Tg del polímero disminuye al introducir el plastificante. En muchos casos, una buena eficacia es una propiedad muy importante; sin embargo, en otros puede suceder lo contrario: por ejemplo, si el plastificante es bastante más barato que el polímero, cuanto menor sea la eficacia mayor será la cantidad de plastificante



necesaria para alcanzar un módulo o dureza dados, por lo que el coste de la formulación final será más bajo. En formulaciones de selladores de PVC puede lograrse viscosidad más baja y, normalmente, menor envejecimiento si se usan cantidades mayores de un plastificante de menor eficacia. Los plastificantes se emplean en concentraciones que pueden oscilar entre 40 y 180 phr.

## **6.2. Estabilizantes.**

Desde que los polímeros sintéticos comenzaron a emplearse han interesado todos los procesos que, desencadenados por la acción de factores externos (calor, atmósfera, radiaciones, etc.), conducen al deterioro de su estructura. Generalmente los estabilizantes ejercen una acción retardante sobre el proceso de degradación.

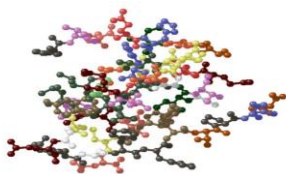
Un buen estabilizante debe ser capaz de controlar los procesos que tienen lugar durante la descomposición de los polímeros, pero además hay una serie de propiedades de otra índole que se suele exigir a los estabilizantes, como buena compatibilidad con el polímero, efectividad a bajas concentraciones, no afectar a otras propiedades de la formulación, bajo coste, y en ocasiones, estar exentos de color, olor y toxicidad. Se suelen emplear en concentraciones entre 1 y 6 phr.

### **6.2.1. Antioxidantes.**

Algunos polímeros como el polipropileno, que presentan átomos de carbono terciarios, tienden a oxidarse cuando se exponen a la intemperie. Las reacciones de oxidación comienzan con la formación de radicales libres, que en presencia de oxígeno forman peróxidos, produciéndose finalmente la rotura de la cadena y por tanto la degradación del material. En general, se supone que los antioxidantes interrumpen las reacciones de degradación combinándose con los radicales libres o con los peróxidos formados, dando lugar a especies no reactivas. Muchos de los estabilizantes primarios son fenoles estéricamente impedidos o aminas aromáticas.

### **6.2.2. Estabilizantes ultravioleta.**

Los estabilizantes ultravioleta generalmente se utilizan junto con los antioxidantes. La energía de la radiación UV que alcanza la superficie de la tierra puede ser lo suficientemente elevada para producir la rotura de los enlaces covalentes en los polímeros, y la consiguiente pérdida de propiedades con el amarilleo de su superficie. Estos estabilizantes absorben energía a una longitud de onda que resultaría perjudicial para los polímeros y la reemiten a una longitud de onda diferente. Se utilizan las 4-alcoxibenzofenonas, benzotriazoles, acrilonitrilos sustituidos, entre otros.





### **6.2.3. Estabilizantes térmicos.**

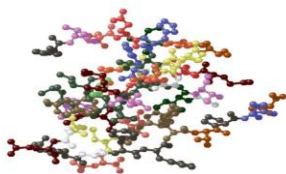
Los estabilizantes térmicos generalmente se emplean con polímeros halogenados. Los polímeros halogenados, tales como los derivados del cloruro de vinilo y de vinilideno tienen una gran importancia comercial, a pesar de que presentan problemas especiales con respecto a su estabilidad térmica durante el procesado. Además de las reacciones oxidativas que tienen lugar en el resto de polímeros, en el caso de los polímeros halogenados puede tener lugar un proceso de deshidrohalogenación muy rápido. El haluro de hidrógeno formado durante la descomposición de estos polímeros actúa además como catalizador de la misma. Otra desventaja adicional en estos polímeros es que los dobles enlaces conjugados formados durante el proceso de deshidrohalogenación confieren una fuerte coloración a los productos. Muchos polímeros halogenados, como el PVC, presentan una temperatura de descomposición inferior a su temperatura de procesado, de modo que el empleo de estos estabilizantes es imprescindible con estos materiales.

### **6.3. Lubricantes.**

Los lubricantes se utilizan para disminuir las fuerzas de fricción y reducir el desgaste de dos cuerpos que rozan entre sí. En la industria de transformación de plásticos es frecuente que en diferentes etapas del procesado del polímero aparezcan problemas como consecuencia de una fricción excesiva. En ocasiones ésta ocurre en las tolvas de alimentación de la grana del polímero creando problemas en el transporte y alimentación a los equipos de transformación. También es frecuente que se produzca fricción excesiva entre el polímero fundido y las superficies metálicas de los equipos de transformación, que podría dificultar seriamente el flujo del fundido, dando lugar a efectos indeseables tales como baja producción o mala calidad superficial del producto acabado. En ocasiones también se presentan problemas de este tipo durante las operaciones de acabado, por ejemplo, durante la impresión, envasado y embalaje. Para resolver estos problemas se suelen emplear lubricantes internos (lubricación de capa sólida) y lubricantes externos (lubricación en la capa límite).

### **6.4. Cargas.**

El concepto de carga es muy amplio, pero se pueden definir las cargas como materiales sólidos que se añaden a las formulaciones de plásticos y adhesivos, con objeto de reducir costes. Una carga debería no interferir con las propiedades del polímero (propiedades mecánicas, comportamiento reológico, color) y debería dispersarse en el polímero con facilidad, de modo que la distribución sea adecuada, lo que difícilmente se consigue en la práctica. Por otra parte, las cargas deben ser baratas de modo que supongan una clara disminución del coste de la formulación. Sin embargo, en el caso de cargas con densidades muy bajas se



puede conseguir una disminución sustancial del precio de una formulación aún cuando la carga sea más cara que el resto de componentes, pues al reducir la densidad de la formulación se puede reducir el peso de la pieza acabada, lo que puede ser doblemente interesante.

La naturaleza química de las cargas puede ser muy diversa. Se utilizan desde las sustancias inorgánicas minerales más sencillas como carbonato de calcio, sulfatos de metales alcalinotérreos, silicatos, sílices y otros óxidos, hasta negro de humo, microesferas de vidrio o cerámica, entre otras. Entre las cargas orgánicas se encuentran la celulosa, almidón, cáscara de almendra, etc. Se emplean generalmente en concentraciones de entre 5 y 50 phr.

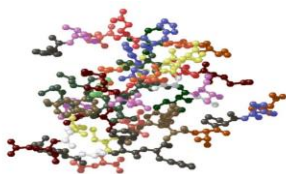
### **6.5. Retardantes de llama.**

Para que se produzca el proceso de combustión es necesario que haya oxígeno, un combustible y temperatura alta. Cuando se dan estas condiciones se produce una reacción muy exotérmica con llama.

Cuando los polímeros se calientan experimentan rotura química de sus enlaces con formación de volátiles, generalmente hidrocarburos de bajo peso molecular, lo que conduce a la formación de un residuo poroso. Generalmente estas reacciones se inician en el interior del material y en condiciones de pirólisis (en ausencia de oxígeno), por tanto son endotérmicas y con tendencia a autoextinguirse. Sin embargo la formación del residuo poroso facilita la penetración del oxígeno del aire, con lo que la reacción de combustión de los volátiles formados puede tener lugar. Si esto sucede, el calor generado por combustión suministra continuamente la energía necesaria para la pirólisis del material. Por lo tanto, puede haber una subida de la temperatura y eventualmente los vapores generados en la pirólisis se inflamarán por combinación con O<sub>2</sub> para formar llama. En este caso se dice que el material es **inflamable** (o combustible). Si tal calor de combustión no es suficiente para que el material pirolíce y produzca volátiles a velocidad suficiente, la llama se extinguirá. Se dice, entonces que el material es **autoextinguible**.

Los volátiles generados en la degradación térmica de polímeros contienen por lo general grupos C-C y C-H y son buenos combustibles. Los productos no-combustibles de la pirólisis, tales como haluros de halógenos, aminas, CO<sub>2</sub>, etc., dan lugar a una subida de la temperatura de ignición y a un incremento de la demanda de oxígeno para mantener la ignición, por tanto, pueden provocar la auto extinción de los productos de combustión.

A los aditivos capaces de lograr una reducción en la tendencia a la ignición se les llama retardantes de llama. Pueden actuar de forma muy diferente, como por ejemplo, por recubrimiento del área expuesta, de modo que reducen la permeación de oxígeno y así, la velocidad de las reacciones oxidativas.



### **6.6. Agentes espumantes.**

Su función consiste en producir estructuras celulares en los plásticos, es decir, estructuras que contienen grandes proporciones de celdillas finas llenas de gas. Estas celdillas pueden ser cerradas o abiertas. Las propiedades físicas de los compuestos resultantes serán intermedias entre las del sólido y las del gas. Como se vio al principio del tema, en los plásticos espumados se consiguen importantes modificaciones en la densidad, conductividad térmica, propiedades dieléctricas y disipación de energía acústica y mecánica.

### **6.7. Modificadores de impacto.**

Los modificadores de impacto se emplean para mejorar la resistencia al impacto, especialmente a bajas temperaturas. Esto se consigue generalmente mediante mezclas de polímeros, un termoplástico rígido y un elastómero, de tal modo que se obtienen plásticos con un amplio espectro de propiedades bien equilibradas.

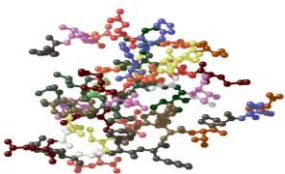
En general, los materiales poliméricos son compatibles entre sí de una manera muy limitada y, por tanto, no pueden mezclarse homogéneamente. Una característica morfológica esencial en los polímeros modificados para aumentar la resistencia al impacto es que exista una estructura multifase, como consecuencia de una cierta incompatibilidad entre la fase termoplástica rígida y el componente elástico, es decir, la fase elastomérica. Cuando un material de este tipo se somete a un impacto, la energía mecánica asociada al mismo es absorbida primero por la matriz o fase rígida.

### **6.8. Pigmentos y colorantes.**

Los términos pigmento y colorante se emplean en ocasiones indistintamente, aunque según un uso más correcto los pigmentos son sustancias inorgánicas sólidas inmiscibles y los colorantes son sustancias orgánicas miscibles o relativamente compatibles con el polímero. En cualquier caso se emplean en concentraciones muy bajas (0.1 a 0.5 phr).

Los pigmentos se emplean con tamaño de partícula muy fino de modo que se consiga una dispersión lo mejor posible en el polímero. Están muy extendidos, los más frecuentes son el óxido de titanio para el blanco, negro de humo para el negro, diferentes óxidos de hierro para ocres o marrones, cromatos como el de plomo(amarillo) o zinc (verde), entre muchos otros.

Generalmente se emplean mezclas de pigmentos para conseguir las tonalidades deseadas.



## 7. Sellador.

Es una sustancia generada por la aditivación de una matriz polimérica que impide el paso de agua, aire, gases, polvo y ruido hacia el interior del vehículo.

La operación de sellado de vehículos automotrices es de una gran importancia, ya que proporciona comodidad al usuario y protección anticorrosiva a la unidad, con el paso del tiempo.

Los objetivos fundamentales de los selladores son:

- Prevenir la filtración de agua y polvo
- Evitar la filtración de humos del motor
- Reducir el ruido del exterior
- Mejorar la apariencia del vehículo
- Prevenir la corrosión

### 7.1 Clasificación de los selladores:

Los selladores se pueden clasificar de tres formas:

#### 1. Campo de acción

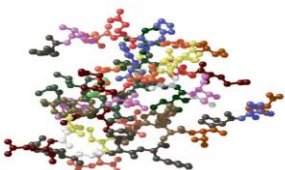
- Automotrices
- Construcción
- Industriales
- Domésticos
- Marinos

#### 2. Naturaleza

- Vinílicos
- Uretanos
- Epóxicos
- Fenólicos
- Butilos
- Asfálticos
- Acrílicos
- Silicones

#### 3. Polimerización

- Secado al aire
- Horneados
- Catalizados



## 7.2. Áreas de aplicación.

La Figura 4.14 muestra las áreas de un automóvil sobre las cuales se pueden aplicar los selladores.

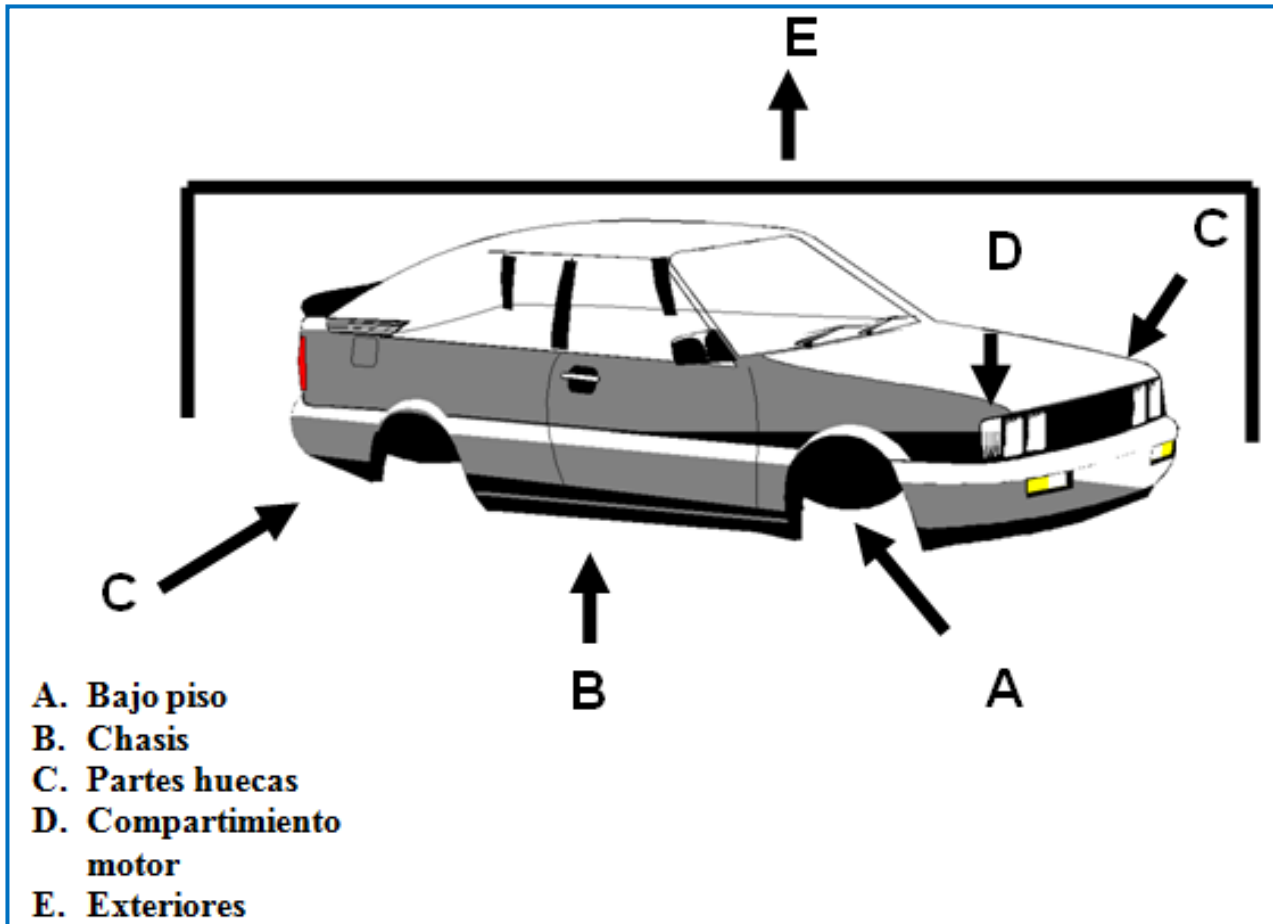
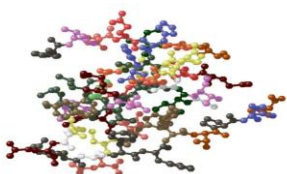


FIGURA 4.14.- Áreas de aplicación de los selladores.

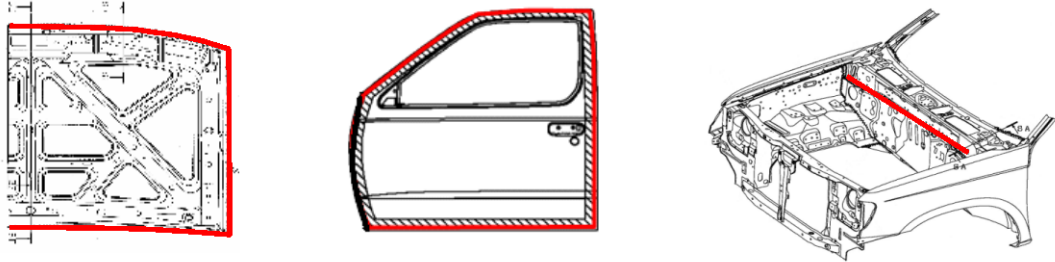


### 7.2.1. Áreas específicas de aplicación de un sellador de juntas.

OPERACIÓN GENERAL AMBOS LADOS:

APLICACION DE SELLO EN :

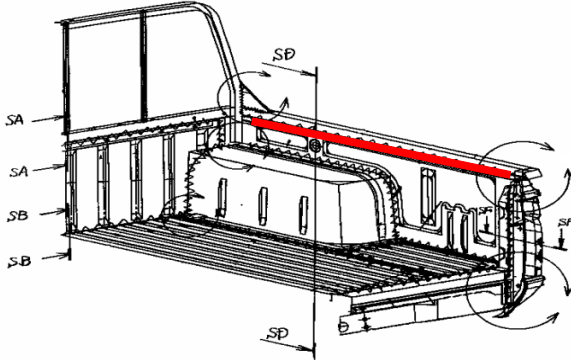
1.- ENGARGOLADOS DE COFRE    2.- ENGERGOLADOS DE PUERTAS    3.- COMPRTIMIENTO DE CAJA DE AIRE



OPERACIÓN LADO IZQUIERDO:

1.- APLICACION DE SELLO EN :  
ENGERGOLADO INTERNO DE CAJA

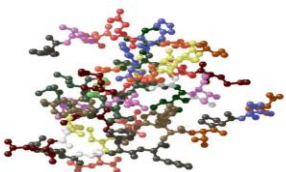
MODELO D-22 D/CAB--LGO



OPERACIÓN LADO DERECHO:

1.- APLICACION DE SELLO EN :  
ENGERGOLADO INTERNO DE CAJA

MODELO D-22 D/CAB--LGO



### 7.2.2. Aplicación en una planta armadora.

Los sistemas de aplicación utilizados en las plantas armadoras son los siguientes:

- Sistema espreable
- Cordón planchado con brochuelo
- Cordón listón
- Cordón con boquilla plana
- Rellenado
- Resanado

Dentro de los Substrato donde se aplican los selladores se encuentran:

- Lámina con (E-COAT)
- Lámina con primer
- Lámina con pintura
- Lámina con fosfato
- Lámina negra con aceite
- Lámina galvanizada
- Lámina esmaltada
- Vidrio

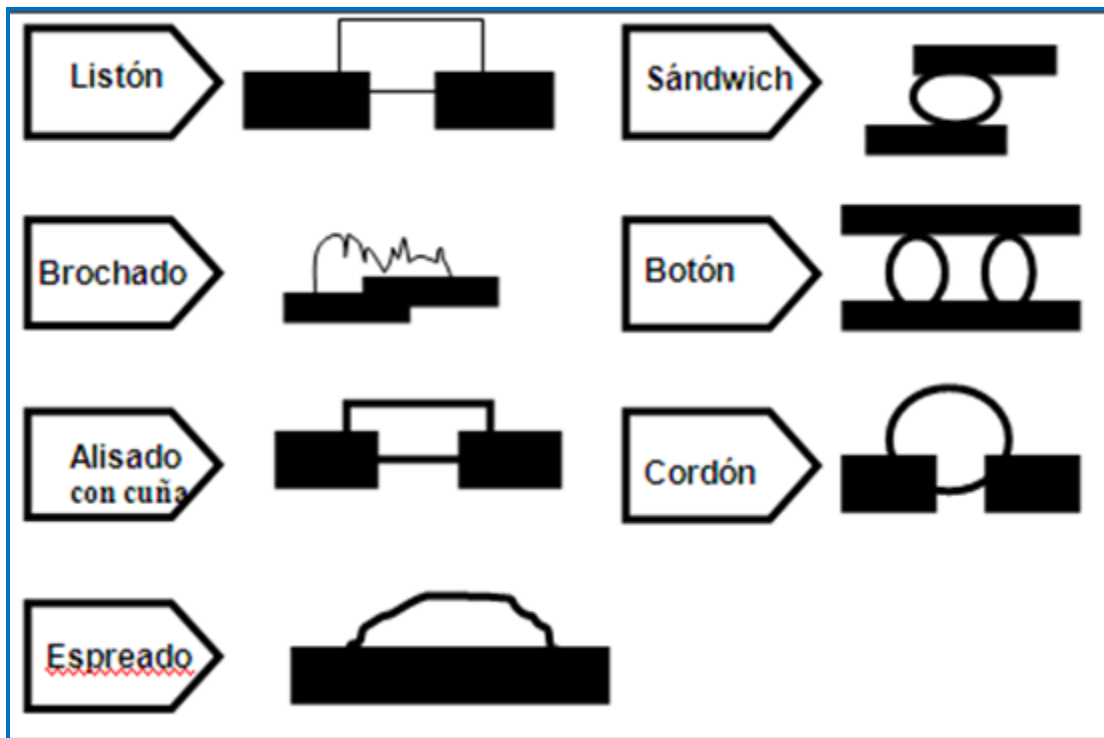
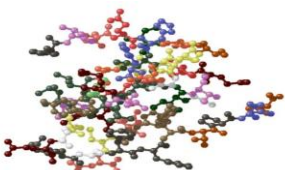
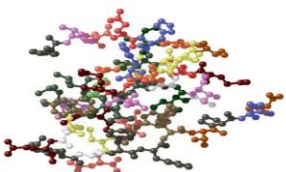
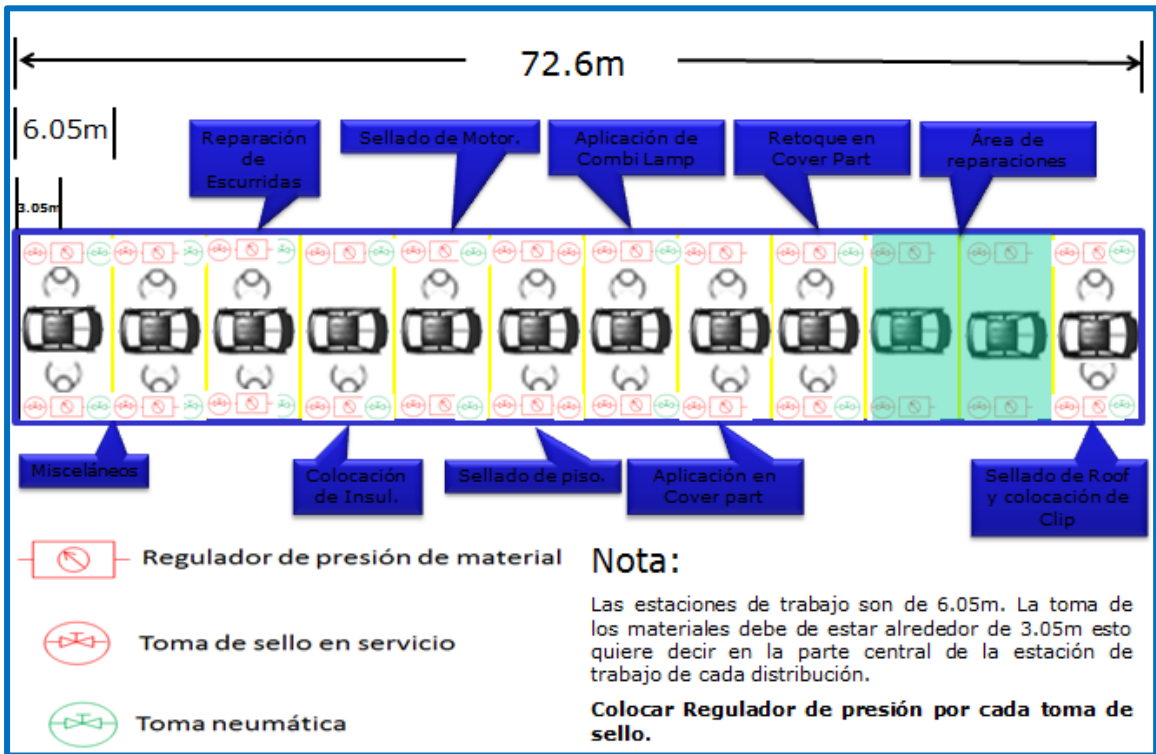
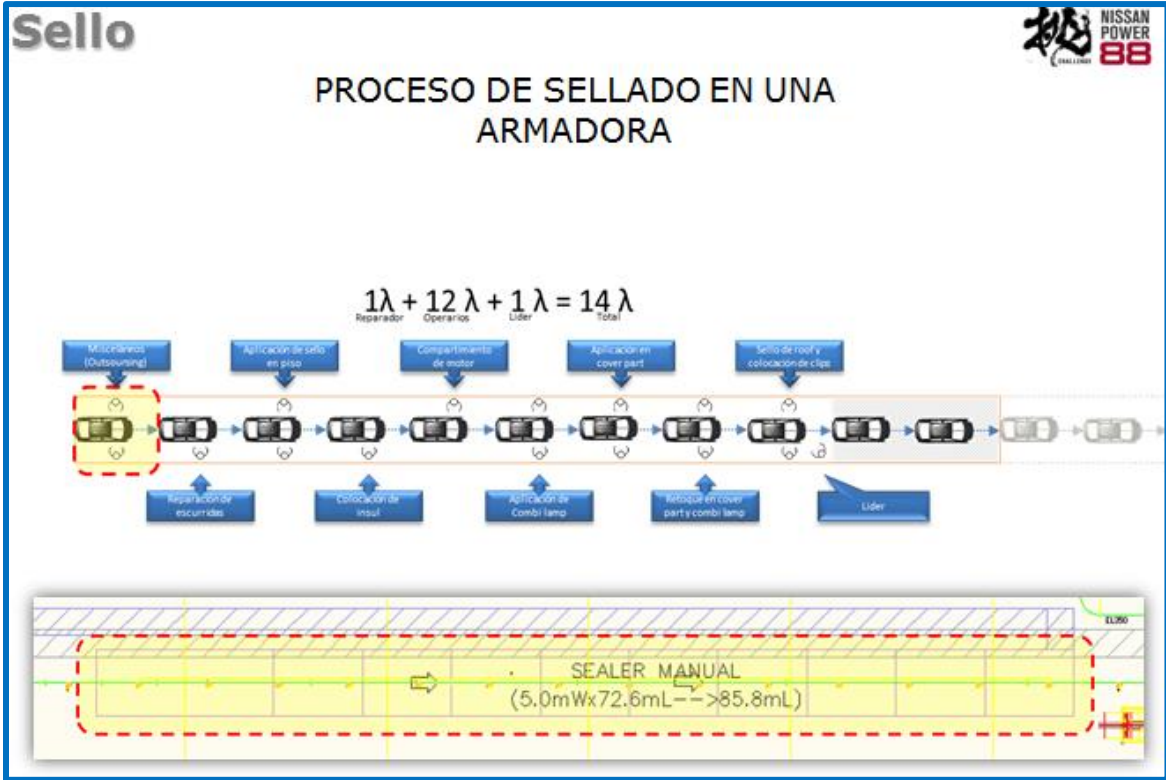


FIGURA 4.15.- Sistema de aplicación de selladores.







## CAPITULO

# 5

### MATERIALES Y MÉTODOS.

#### *Especificaciones del material de ingeniería*



---

**SELLADOR DUPLEX, BASE VINILO, NO AMARILLABLE, BOMBEABLE, ESPREABLE, CURADO POR CALOR, PINTABLE, PARA INTERIOR Y EXTERIOR.**

#### **1. Alcance.**

El material definido por esta especificación es base vinilo, bombeable, pulverizable, el sellador se puede pintar, es curado por calor el cual no lo amarillea.

#### **2. Aplicación**

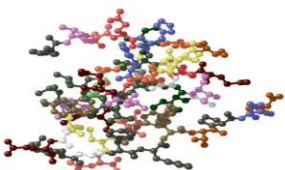
Esta especificación fue originalmente lanzada para el sellado interior y las costuras exteriores del cuerpo, incluyendo bridas y dobladillo de puertas, USB y sellado del canal de techo.

El material es destinado para uso en el taller de pintura y se aplica sobre electrorrevestimiento recién horneado. La pintabilidad aceptable es lograda con o sin aparejo de imprimación. El material ha sido formulado para prevenir la capa superior de amarillamiento y permitir la curación de la capa de acabado en las condiciones de bajo flujo de aire.

#### **3. Requisitos**

##### **3.1 Requisitos estándar para materiales de producción.**

Proveedores de materiales y productores de piezas deben ajustarse a los requisitos estándar de la Compañía Para los materiales de producción (WSS-M99P1111-A).



### 3.2 Reología.

Los proveedores deben presentar los datos de caracterización del flujo para Ford Motor Company para el modelado del flujo y la determinación de la ventana de proceso mediante un gráfico. Para un rango de temperatura especificado, las propiedades solicitadas incluidas, no están limitadas para viscosidad, punto de fluencia, la energía de activación aparente para la viscosidad y la energía de activación aparente para la punto de fluencia. Este dato constituye la norma de referencia, que se mantendrá en archivo en el laboratorio de material designado.

### 3.3 Sólidos mínimos. 96%

ASTM D 2834, (102 + / - 1 ° C durante 3 h en un horno de convección mecánica.)

### 3.4 Peso por volumen (ASTM D 816)

La tolerancia de peso para cualquier proveedor deberá ser de + / - 0,05 kg / l, basado en el peso registrado de su muestra de la producción original aprobado.

A	Acción	Revisiones	Rev. 1
2009 01 29	Revisado	Ver resumen de revisiones.	M. Mehandru, FNA W. Janitschke, FOE
1995 07 13	Activado	W. Curtiss	G. Molnar

### 3.5 Punto de flama.

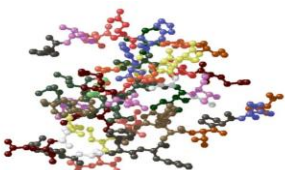
(Norma ASTM D 93, Método A)

Nota: Si las pruebas a temperaturas más altas no son factibles debido a la gelación del material de prueba, el proveedor debe certificar por escrito que cada ingrediente volátil por separado tiene un punto de inflamación > 100 ° C.

### 3.6 Viscosidad a 23 ° c

(SAE J1524, VIS-2, 1,32 mm de orificio, 280 Kpa (40 Psi))

La aprobación final de una viscosidad de material específica para los envíos de



producción se efectuará por la actividad manufacturera afectada. En todos los casos, la viscosidad debe estar dentro de los límites del proceso tal como se identifican en el plan de control del material.

La tolerancia de viscosidad para cualquier proveedor deberá ser de  $+ / - 10\%$ , sobre la base de la viscosidad registrada de la muestra de la producción original aprobado.

3.6.1 Al Recibo  $+ / - 10\%$  (Método acondicionado A)

3.6.2 Envejecida, máx. original  $+ 50\%$  (material envejecido encerrado en un Contenedor de 168 horas a  $40 + / - 1^{\circ} \text{C}$ , Método acondicionado A)

3.6.3 90 Días (Estabilidad en almacenamiento a  $23 + / - 2^{\circ} \text{C}$  y  $32 + / - 2^{\circ} \text{C}$ )

El proveedor deberá proporcionar un perfil de viscosidad en función del tiempo inicial a través de 90 días de almacenamiento a  $23 + / - 2^{\circ} \text{C}$  y  $32 + / - 2^{\circ} \text{C}$ . Las mediciones se harán a intervalos semanales. Las curvas se pondrán a disposición de Ingeniería de Materiales antes de la adición en la lista de fuentes aprobadas.

### **3.7 Resistencia al escurrimiento.**

3.7.1 Horizontal, máximo 6.4 mm

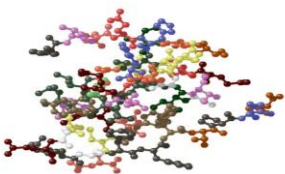
3.7.2 Vertical, máx 6,4 mm

3.7.3 Invertida No hay pérdida de material

Método de prueba:

- Aplique una cinta de material 3 x 30 x 200 a lo largo de la línea central de dos de los tres paneles electrorrecubiertos preparados por el párrafo 4.2
- Marcar la ubicación de material inicial.
- Coloque los paneles con el material en la posición anterior durante 1 hora a temperatura ambiente.
- Inmediatamente después del acondicionamiento, poner los paneles en un horno para curar el material en el horario mínimo de horneado por el párrafo 4.3. Mantener los paneles en la posición determinada durante la cocción y enfriamiento.
- Permita que el panel se enfríe a  $23 + / - 2^{\circ} \text{C}$ .
- Determinar el pandeo midiendo el movimiento de material por debajo de la línea marcada.
- Repita la prueba con el segundo grupo de paneles en el horno máximo por el párrafo 4.3

### **3.8 Puenteo , máximo 6,4 mm.**



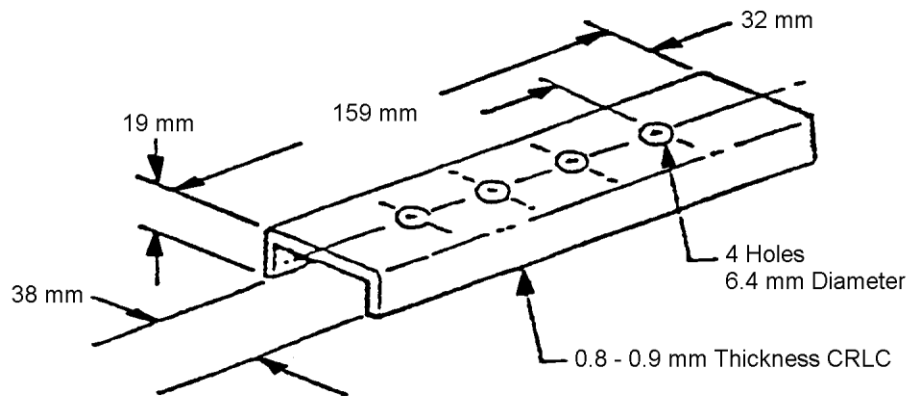
Método de prueba:

- Aplicar un cordón de material con 13 mm de diámetro a través de los agujeros de diámetro 6,4 mm se muestra en el dibujo de abajo (Fig. 5.1).

Condicionar la instalación fija de la prueba con el material durante 15 minutos a 23 + / - 2 °C, después fija el horneado al mínimo según el método FLTM BV 150-05 para cada región para ser utilizado.

- Medir la cantidad de holgura del material a través del agujero. Max. 6.4 mm

### INSTALACION DE PRUEBA



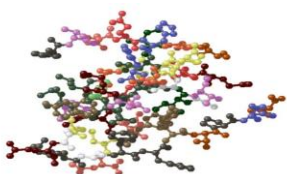
**FIGURA 5.1.- Medidas del panel.**

### 3.9 Adhesión.

No se admitirán pelado en una película continua a cualquier espesor.

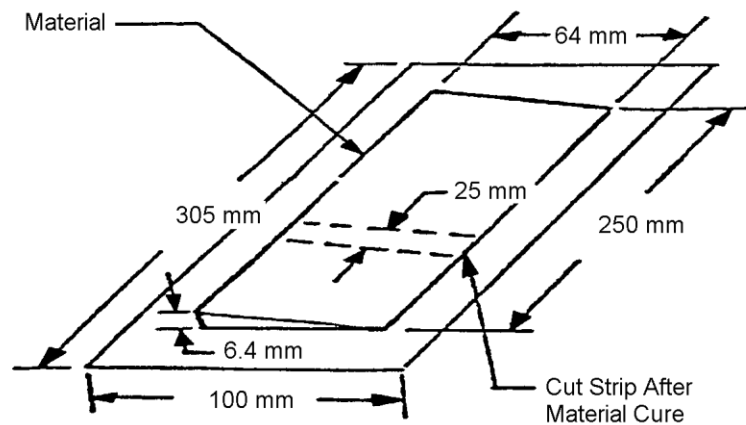
Método de prueba:

- Aplicar una cinta tipo rampa de material de 6,4-0 mm en dos paneles electrorrecubiertos. a continuación véase el dibujo (Fig.5.2).



Nota: Un panel de prueba, para el tiempo mínimo de horneado y el otro panel de prueba para el máximo tiempo de horneado, según el método FLTM BV 150-05 por cada región.

- Condicionar después de la cocción a  $23 \pm 2^\circ \text{C}$  durante 1 h mínimo.
- Evaluar la adherencia cortando una franja de 25 mm a través de la cinta. Con la punta de una espátula cuadrada, levantar el material en ambos bordes de película delgada y gruesa a continuación, tirar procurando un ángulo de  $90^\circ$  con respecto al panel
- Guarde los paneles de prueba para la prueba de resistencia al calor, párrafo 3.12 y la prueba de resistencia a la corrosión, párrafo 3.13



**FIGURA 5.2.- Medidas del panel.**

### 3.10 Adhesión en frío.

(FLTM BV 151-01, - 40 °C, cargue "A")

No descamación,  
no pérdida de  
adherencia

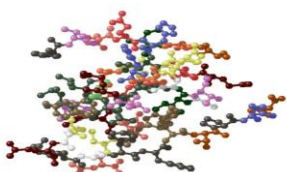
### 3.11 Absorción de agua, máxima.

1,5%

(FLTM BV 153-07, excepto horneado a  $165 \pm 2^\circ \text{C}$ )

### 3.12 Prueba de resistencia térmica.

No evidencia de formación  
de ampollas, grietas, efectos  
nocivos, carbonización u otro



Método de prueba:

Examine el material de ensayo preparado para la prueba de adhesión, para cualquiera de las condiciones anteriores.

### **3.13 Prueba de resistencia a la corrosión.**

No hay pérdida de corrosión o adherencia.

#### **3.13.1 Opción 1.**

(FLTM BI 123-03, 30 ciclos para América del Norte,  
50 ciclos para Europa).

El material deberá proteger el panel de prueba de la corrosión por un período de prueba scap de 30 o 50 ciclos.

- Preparar la muestra de ensayo de acuerdo con el párrafo 3.9
- Exponer muestras para 30 o 50 ciclos a prueba scap
- Evaluar la adherencia de material tal como se describe en el párrafo 3.9

Observe por cualquier evidencia de corrosión 10 mm de la tira.

Ó

#### **3.13.2 Opción 2**

(CETP 00.00-L-467, 6 semanas)

Nota: Reporte el método de prueba utilizado.

### **3.14 Doblez al mandril**

No agrietamiento  
o falla de adhesión

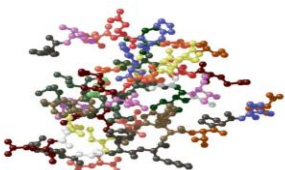
(FLTM BV 122-01, hornear los materiales, programados mediante FLTM BV 150-05 determinar el horneado del material para la región, tiempo y condición de la prueba de muestra 14 días a 70 + / - 1 ° C antes del ensayo)

3.14.1 Prueba de 23 + / - 2 ° C

3.14.2 Prueba de -20 + / - 1 ° C

### **3.15 Compatibilidad con las pinturas de producción - requisitos iniciales**

No adherencia, manchas, decoloración, embotamiento, ablandamiento, transferencia de pintura, cambio de color significativo, diferencia en la orientación





de las escamas metálicas (pinturas metálicas) o de otros defectos de aspecto desagradables en la pintura sobre el sellador.

Nota: La evidencia de los defectos indicados más arriba se revisará con la Asamblea de Operaciones de Pintura e Ingeniería de Materiales.

Método de prueba:

. Prepare paneles de prueba por la matriz proporcionada por ingeniería de materiales o ingeniería de pintura para esa región. Use pinturas actuales de producción identificadas por Ingeniería de pintura.

- Condición de pintado paneles a  $23 \pm 2$  ° C durante 72 h.

. Después del periodo de acondicionamiento de 72 hrs., lleve a cabo las siguientes pruebas en cada panel:

- Checar adhesión trazando la cuadrícula según el Método B - FLTM BI 106-01.

- Resistencia a Xileno -Usando el movimiento de ida y vuelta, frotar la superficie de esmalte 10 veces con un pequeño pedazo de gasa que se ha humedecido con xileno.

### **3.15.1 Humectabilidad y manchado.**

Método de prueba:

Después de 24 horas a  $23 \pm 2$  °C, evaluar a las siguientes condiciones

a) A los  $23 \pm 2$  ° C,

b) A los  $40 \pm 1$  °C,

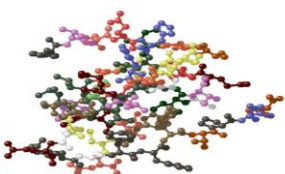
c) En la cámara fluorescente de lámpara ultravioleta (FLTM BU 152-02). Examine las partes expuestas y no expuestas del sellador de 24 h.

### **3.15.2 Resistencia al intemperismo.**

(SAE J 2527)

#### **3.15.2.1 2.000 horas de xenón**

#### **3.15.2.2 Un Año en Florida**



Método de prueba:

Exponga las muestras del análisis en el área de Miami / Florida durante 6 meses y 1 año a 5 grados hacia el sur.

Antes de la examinación limpiar las muestras limpias con jabón (SM1B4) y agua.

### **3.15.3 Determinación del amarillamiento**

Ninguno  
(FLTM BV 153-12)

### **3.16 Pintabilidad del area confinada**

Superficie descubierta. No hay evidencia de transferencia de pintura después de 10 pasadas dobles con xileno

Superficie total - la transferencia de pintura es permitido después de un mínimo de 5 frotaciones dobles con xileno.

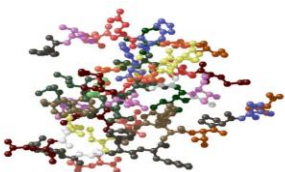
Método de prueba:

- . Aplicar dos cintas de material 3 x 25 x 100 mm a un panel electrorrecubierto.
  - . Colocar 475 ml de una lata sobre una cinta selladora. Hornee el conjunto de acuerdo con el mínimo horneado (primer horneo) condiciones dadas por FLTM BV 150-05 para cada región.
  - . Retire la lata y la pintura con acabado de producción.
- El espesor de la película será 0,013 mm para la capa de base y 0,013 mm para la capa transparente de barniz.
- . Regrese la lata a la posición original sobre el sellador. Hornee la placa en la capa superior con un horneo mínimo (segundo mínimo) dado por FLTM BV 150-05 para cada región
  - . Evaluar los paneles visualmente para detectar cualquier deterioro del sellador / pintura. Realice una prueba de resistencia a los disolventes en ambas superficies frotando el sellador pintado 10 veces con xileno (10 pasadas dobles). Examine el trapo para pruebas de transferencia de pintura.

### **3.17 Prueba de humo.**

(FLTM BV 130-01)

No hay evidencia del pelado de pintura después del cross hatch.



### **3.18 Resistencia al agrietamiento, min**

5000 ciclos  
Sin grietas

(FLTM BV 115-01, hornear 2 juegos de Paneles horneado máximo y horneado mínimo por FLTM BV 150-05 de acuerdo a la región para su uso, para las muestras normales y envejecidas).

### **3.19 Esfuerzo al corte, min [MPa]**

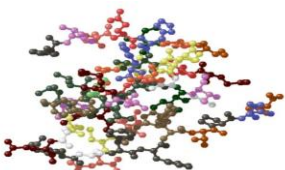
(FLTM BV 154-03, Método B Prepare dos grupos del paneles para el horneado mínimo y máximo según FLTM BV 150-05, para la región que se utilizará, espesor de la unión de línea 3 mm, 3 cm de superposición, el ensayo se hace a una velocidad de 25 mm por min.)

	<u>Exposición Minima de horneado</u>	<u>Exposición Max de horneado</u>
3.20.1 At 23 +/- 2 °C, min	0.5	0.5
3.20.2 At 90 +/- 2 C, min	0.2	0.2
3.20.3 At - 40 +/- 2 °C, min	0.5	0.5

### **3.20 Esfuerzo al corte por despellejamiento, min [n / mm]**

(FLTM BV 154-03, Método C) (Preparar dos series de paneles horneado mínimo y máximo según FLTM BV 150-05, para la región que se utilizará, línea de enlace 3 mm de espesor, 10 cm de solapamiento, prueba a una velocidad de cruceta de 25 mm por minuto.)

	<u>Exposición Minima de horneado</u>	<u>Exposición Max de horneado</u>
3.21.1 At 23 +/- 2 °C, min	5	5
3.21.2 At 90 +/- 2 °C, min	2	2
3.21.3 At - 40 +/- 2 °C, min	5	5



### **3.21 Dureza, durómetro A:** (ASTM D 2240)

La tolerancia a la dureza de cualquier proveedor deberá ser de + / - 5 en base a la dureza del grabado de la muestra de producción aprobada originalmente. Véase el punto 4.6

Método de prueba:

- . Aplicar suficiente material en un recipiente (tal como un recipiente metálico) para dar un 6,4 mm de espesor.
- . Hornee materiales a curación mínima según FLTM BV 150-05 para la región que se utilizará.
- . Condicione la muestra de prueba a 23 + / - 2 ° C durante 4 horas, a continuación, comprobar la dureza del material instantánea.

### **3.22 Propiedades de sellador curado.**

#### **3.22.1 Normal**

Resistencia a la tracción, min  
0.9 MPa  
(ASTM D 412, die C, tiró de  
300 mm / min. Mínimo 5 muestras por hornear.

Elongación, min 50%

#### **3.22.2 Envejecida.**

(Muestras curadas de entre 2 semanas a 90 + / - 2 ° C)

Resistencia a la tracción, min  
(ASTM D 412, die C, tiró de  
300 mm / min. Mínimo 5 muestras por hornear)

1.0 MPa

Elongación, min

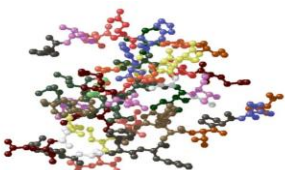
50%

### **3.23 Abrasivos.**

Método de prueba:

.Se diluye una muestra de 1 g del material con 1 g de M14J507 Nafta o equivalente, y mezclar bien.

. Frote una porción del material diluido 100 veces entre 2 pedazos de, la placa de



vidrio limpia y plana.

La aparición de arañazos en la placa de vidrio se considerará un fracaso.

### **3.24 Espreabilidad.**

Deberá ser adecuado para su uso en los equipos de pulverización designada por la operación de pintura

### **3.25 Resistencia al goteo.**

El material no debe caerse o mostrar pruebas de goteo.

Método de prueba:

Prepare los paneles de prueba de 300 x 300 mm, con un espesor de película húmeda de material bajo prueba 1,0 - 1,5 mm.

Después del acondicionamiento durante 5 minutos a  $23 \pm 2$  ° C, coloque los especímenes en una posición invertida en un horno de convección mecánica y sujeto al "Ciclo mínimo de curado" de acuerdo con FLTM BV 150 -05 para la región a ser utilizado.

### **3.26 Prueba funcional**

Los materiales que se están evaluando para su aprobación a esta especificación deberán ser sometidos a un proceso de producción. Resultados de los ensayos funcionales deben ser aprobados por la operación afectada y también por el diseño de ingeniería. Los resultados se pondrán a disposición de los materiales de ingeniería antes de la aprobación de material y la liberación.

### **3.27 Calidad**

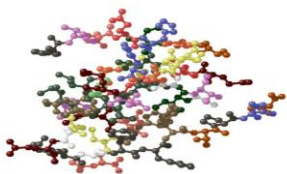
El material deberá ser de calidad uniforme, libre de materiales y propiedades extrañas en detrimento de su uso en producción normal.

## **4. Información general**

La información que figura a continuación proporciona una aclaración y asistencia en el cumplimiento de los requisitos de esta norma.

### **4.1. Horno de convección mecánica.**

El horno mecánico (s) que se utiliza para curar el material debe ser capaz de obtener 205 ° C de temperatura de metal de acero del cuerpo (0,8 - 0,9 mm de grosor) dentro de 8-10 minutos.



#### **4.2 Sustratos**

Las dimensiones de los paneles nominales son de 0,8 x 100 x 300 mm.

#### **4.3 Cédulas de curado del material**

Dadas por FLTM BV 150-05 de acuerdo a la región a utilizar.

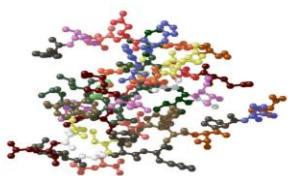
**4.4 peso por volumen**, típico 1.35 – 1.55 kg/Lt

**4.5 viscosidad**, típica 4 – 30 segundos.

**4.6 dureza**, durómetro A, típica 40 – 80

#### **4.7 compatibilidad**

Cualquier otro tipo de revestimiento aplicado a la parte de abajo del material de producción WSS-M4G359-A como un revestimiento adicional, ya sea para fines de reparación o por cualquier otra razón, deben ser compatibles con WSS-M4G359-A los materiales de producción.



### **Determinación del porcentaje de sólidos (ASTM D2834).**

#### **Procedimiento:**

1. Tomar el material a ser probado a una temperatura de equilibrio de  $23 \pm 2$  °C
2. hacer la determinación por duplicado.
3. pesar aproximadamente 3-5 g de la emulsión agua-cera pulidora de pisos o solvente-cera pulidora de pisos y colocar en un recipiente de aluminio tamaño previamente especificado.
4. hornear a una temperatura de 102.5 a 107.5 °C. Para las emulsiones de agua-cera pulidora de pisos hornear por 4 horas. Después del horneado enfriar en un desecador.

#### **Cálculos**

$$\% \text{ Sólidos No Volátiles} = \left(1 - \frac{P_1 - P_2}{P_1}\right) \times 100$$

Donde

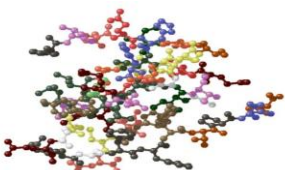
$P_1$  = Peso de la muestra Humeda

$P_2$  = Peso de la muestra Seca

### **Determinación de peso por volumen en selladores (ASTM D816)**

#### **Procedimiento:**

1. Acondicionar la muestra a 23°C
2. Tarar a “cero” la balanza con la copa figura 5.3.
3. Llenar la copa con muestra colocando una tercera parte de la capacidad de la misma, y aplicar unos pequeños golpes sobre una cama de estopa o de goma con el fin de eliminar aire atrapado, Se procede de la misma forma hasta llenarla completamente.
4. Colocar la tapa de la copa presionando lentamente los extremos de la misma hasta que el exceso de muestra salga por el orificio central de la tapa.
5. Determinar el peso de la muestra (PM)





6. Calcular la densidad con la siguiente formula donde 0.01198 es un factor que para obtener el valor final en Kg/Lt.

$$\rho_{\text{Sellador}}(\text{Kg/Lt}) = PM \times 0.01198$$

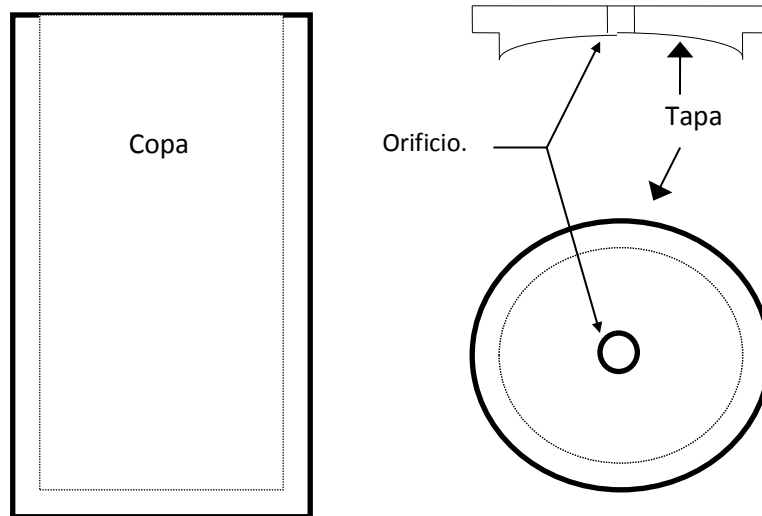
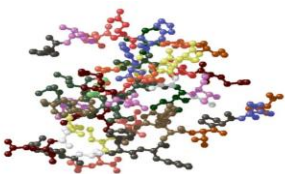


FIGURA 5.3.- COPA, peso por galón.

### **Viscosidad castor seavers para selladores (SAE J1524).**

#### **Procedimiento:**

1. Acondicionar la muestra a 23°C.
2. Colocar la boquilla con el diámetro especificado al viscosímetro
3. Llenar la copa con la muestra ayudándose con una espátula, evitar formar burbujas de aire y obtener una temperatura de 23°C.
4. Ajustar la presión de aire a 40 lbs/plg<sup>2</sup>.
5. Colocar el émbolo en la copa y atornillar la copa al cuerpo del viscosímetro.
6. Abrir las válvulas de aire para que la presión actúe sobre el material desplazándolo
7. Accionar el cronómetro al instante de que la muestra toque el panel sobre el platillo de la balanza



8. Parar el cronómetro cuando la lectura de la balanza marque 20 gr. de muestra.

***Método de prueba adhesión en frío (FLTM BV 151-01).***

**Procedimiento:**

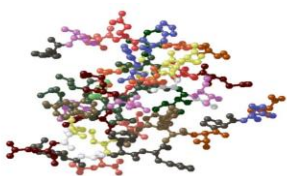
3 especímenes necesarios para realizar la prueba.

1. El recipiente cerrado con el sellador debe estar al menos 24 horas antes de la aplicación a una temperatura de 23°C.
2. Determina el peso de la lámina (w1) con las medidas indicadas en la Figura 5.4, enmascarar con cinta la parte donde ira sujetado el panel.
3. Esprear (pulverizar) el sellador sobre la lámina hasta alcanzar un espesor de 2.5 mm
4. Hornear los paneles de acuerdo a la especificación.
5. Enfriar a 23°C durante 2 horas, quitar la cinta adhesiva y determinar el peso (w2)
6. Inserte el panel en el dispositivo de sujeción. Retire la carga (parte 5) y el equilibrio de la muestra por medio del contrapeso ajustable (parte 3).
7. Conecta la carga A o B en caso necesario a la palanca (parte 4) y fijar a una distancia de 300 mm desde el centro del pivote.
8. Coloque la muestra y el accesorio de prueba de impacto en la cámara fría durante un mínimo de 3 h a la temperatura especificada.
9. Aun en la cámara fría deje caer la palanca 6 veces en rápida sucesión desde una posición horizontal.
10. Retire el panel de la cámara fría y condicione durante 16 horas a 16°C.
11. Quite los restos de material y determine el peso (w3).

Evaluación:

Determine la cantidad de material retenido con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de material retenido} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$



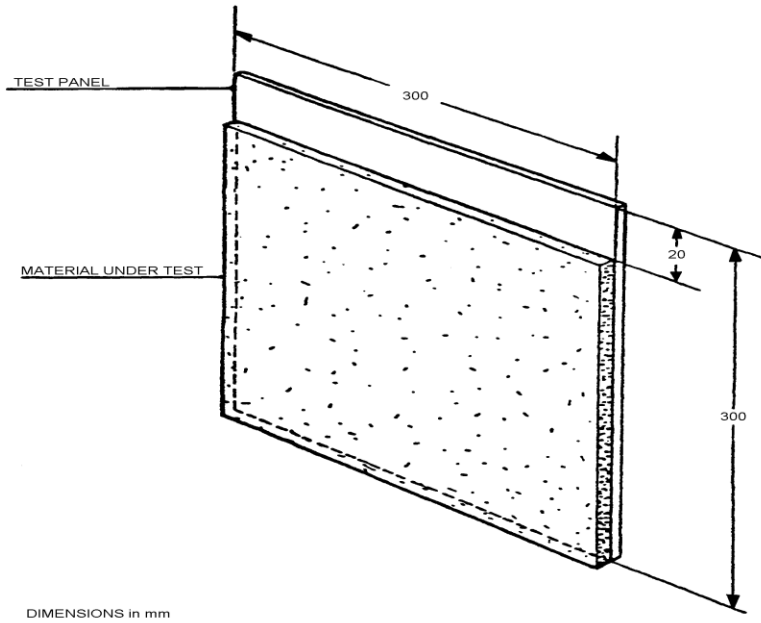


FIGURA 5.4.- Adhesión en frío.

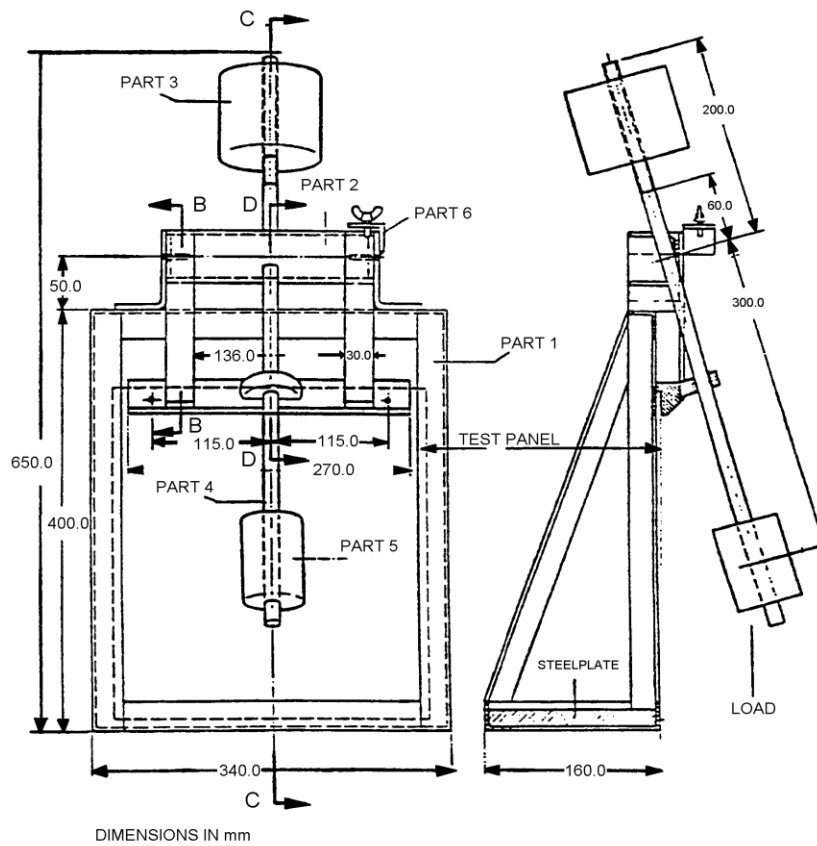
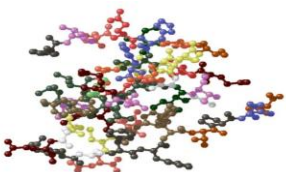


FIGURA 5.5.

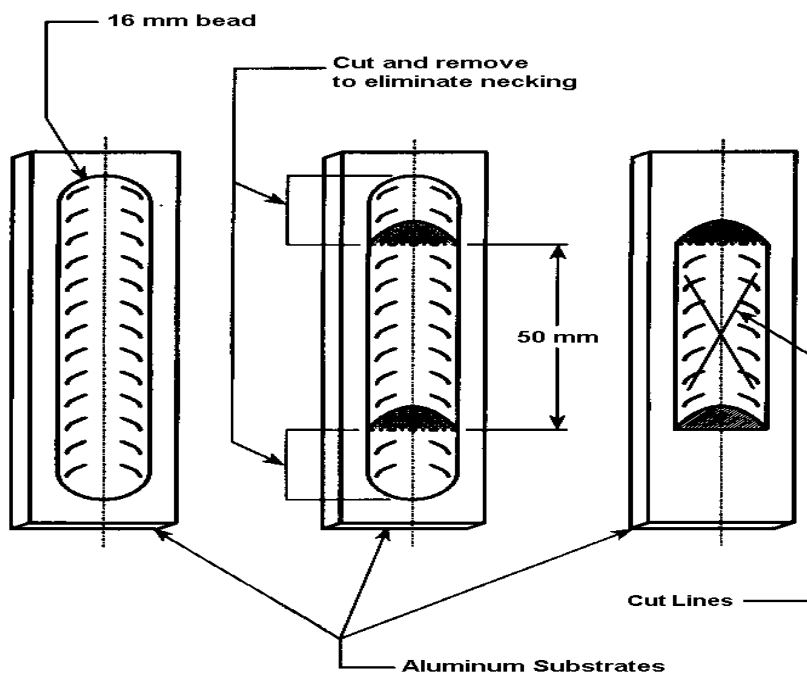


### **Ensayo de absorción de agua en selladores (FLTM BV 153-07).**

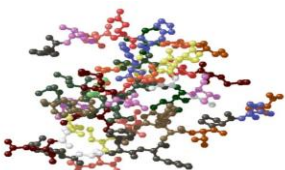
#### **Procedimiento:**

1. Pesar 3 piezas de aluminio o trozos de papel de aluminio (este peso es "WC").
2. Aplique un cordón de material de aproximadamente 16 mm de diámetro por el centro de cada uno de las piezas de aluminio. Corte cada cordón en ambos extremos, para eliminar la formación de cuello, para proporcionar una longitud de 50 mm del material (véase la Figura 5.5).
3. Hornee las muestras a una temperatura metal de 135 +/- 2°C durante 8 minutos.
4. Permita que las muestras se enfríen a 23 +/- 2°C. Pesar cada muestra (este peso es "W2").
5. Sumergir totalmente las muestras en agua de la llave a 23 +/- 2°C durante 24 hrs.
6. Retire las muestras del agua y seque suavemente con una toalla de papel altamente absorbente con la mayor rapidez como sea posible.
7. Pesa inmediatamente cada muestra (este peso es "W3").
8. Calcular el porcentaje de absorción de agua de la siguiente manera:

$$\% \text{ Absorción de agua} = \frac{W_3 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100$$



**FIGURA 5.6.- Absorción de agua en selladores.**



### ***Prueba de corrosión (FLTM 123-03).***

Generalmente esta prueba se realiza con paneles y montajes preparados con anterioridad es por eso que se explica únicamente el proceso que constan los ciclos de corrosión.

Procedimiento de prueba:

Después de la preparación de muestras colocarlas en la cámara e iniciar la prueba con los requerimientos siguientes.

Automatic Cabinet Procedure			
Interval	Initial test conditions	Final test conditions	Time
1	23 °C and 50% RH	Initial salt spraying of samples	1 minute to wet parts
2	23 °C and 50% RH	23 °C and 50% RH, no spraying	4 minutes, loop to interval 1, three times total
3	23 °C and 50% RH	55 °C and 10% RH	30 minutes
4	23 °C and 50% RH	55 °C and 10% RH	2 hours and 30 minutes
5	55 °C and 10% RH	50 °C and 85% RH	30 minutes
6	50 °C and 85% RH	50 °C and 85% RH	20 hours & 15 minutes
Repeat this 24-hour cycle for the number of total cycles required by the specification.			

Evaluación

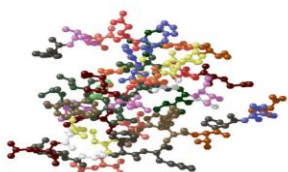
1. Examinar visualmente las ampollas, oxidación y otras pruebas de deterioro del sistema de recubrimiento en intervalos indicados en la solicitud de prueba de laboratorio.

Si se requiere el porcentaje de color rojo óxido, las muestras de prueba se clasificarán de acuerdo con la escala de calificación en la norma ASTM D 610.

### ***Prueba dobléz en mandril (FLTM BV 122-01).***

Procedimiento:

1. Aplicar a seis paneles una cinta 200 mm de longitud del material sometido a prueba usando la plantilla como se muestra en Figura 5.6.
2. Acondicionar las muestras a 23 + / - 2 ° C durante diez minutos
3. Cure tres muestras de acuerdo al ciclo mínimo de curado y los otros tres con el ciclo máximo



4. Retire las muestras del horno condicione a  $23 \pm 2^\circ \text{C}$  durante 4 horas mínimo.
5. Coloque la muestra en el dispositivo de flexión con el material de ensayo en el lado del panel opuesto al rodillo inferior (consulte la Figura 5.7). Doble el panel a través de un ángulo de  $90^\circ$  en dos segundos. La prueba debe llevarse a cabo en  $23 \pm 2^\circ \text{C}$ .

### Evaluación:

Examinar los paneles y realizar el informe de grietas, picaduras, o pérdida de adherencia.

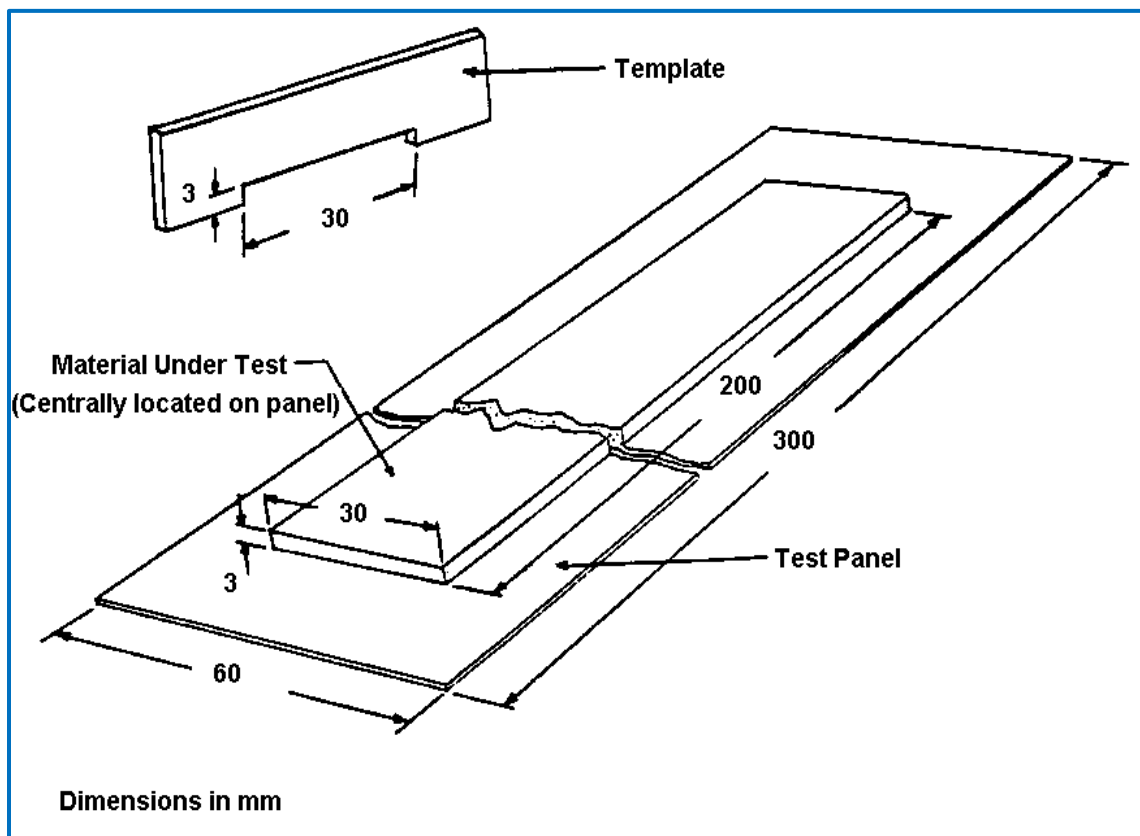
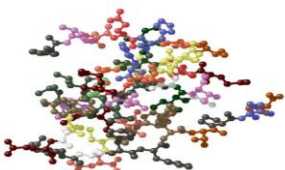


FIGURA 5.7.



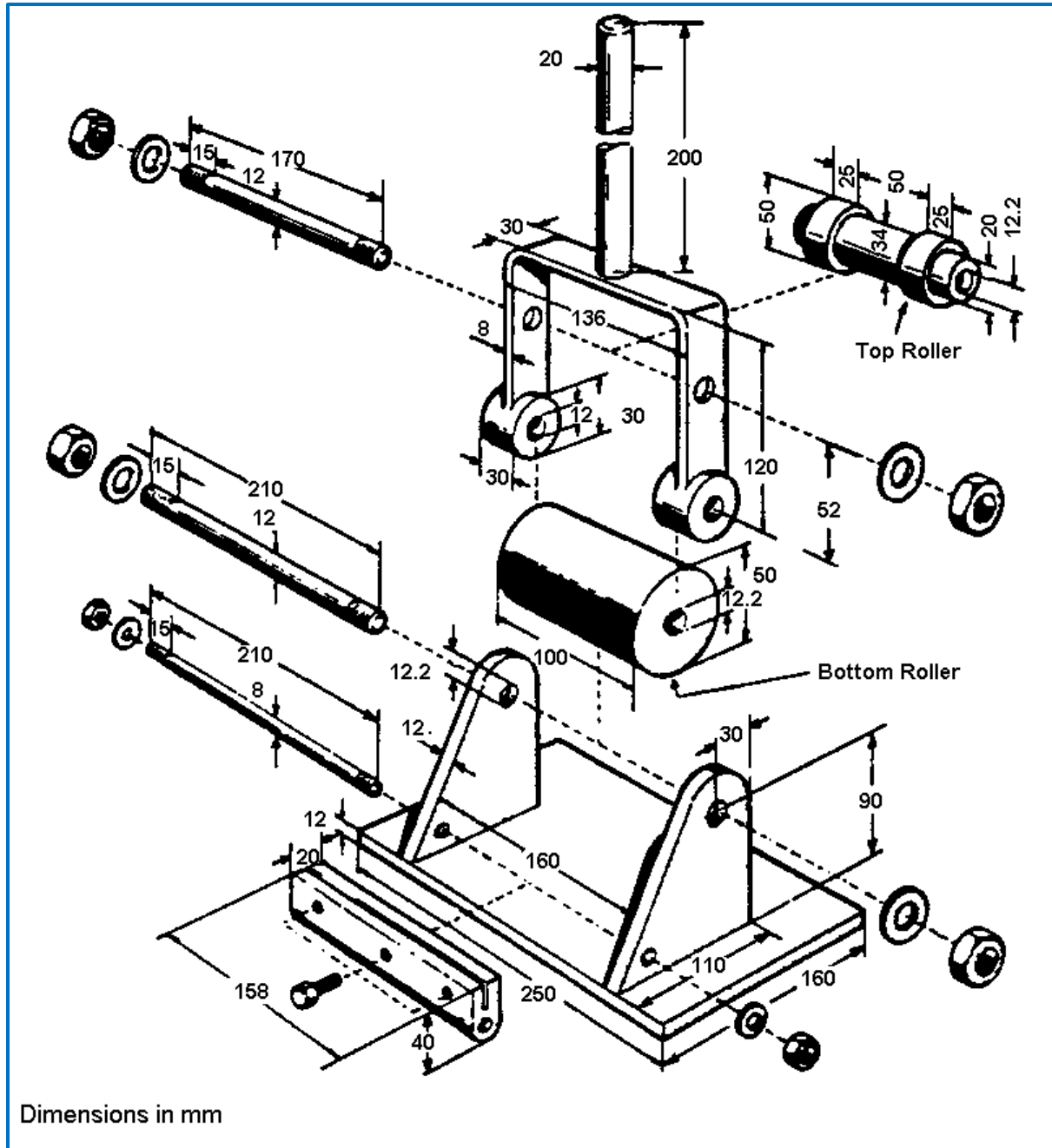
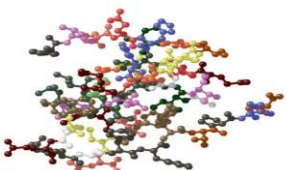


FIGURA 5.8.

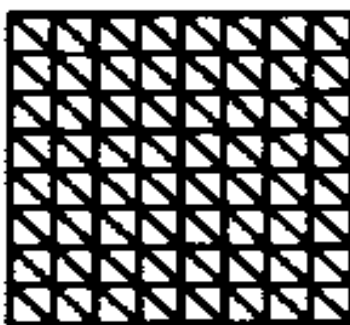




### **Prueba de adherencia en recubrimientos (FLTM BI 106-01).**

#### **Procedimiento:**

1. Cuando se requiere la prueba de adherencia después de otro procedimiento, esta debe ser realizada dentro de los 30 minutos de la prueba anterior.
2. Mida el espesor de la película de registro, antes de la prueba.
3. Quite todos los residuos sueltos (cepillo eléctrico) de la línea de referencia antes de la prueba de la cinta.
4. Con la ayuda de un cúter traza las líneas a través del recubrimiento de material tal como se muestra:



Las líneas grabadas deberán ser de 3 mm entre sí, en ángulo recto y en diagonal en una dirección.

5. Utilizando una cinta No. 898 colócala sobre la cuadrícula antes trazada y tira con firmeza y eliminando a 90 + / - 30 segundos de aplicación lo más cercano a un ángulo de 180 ° para el panel como sea posible.

#### **Evaluación:**

Observar y reportar descamación o pobre adherencia, como se ha señalado después de la eliminación de cinta. (Consulte la tabla de clasificación de adherencia).

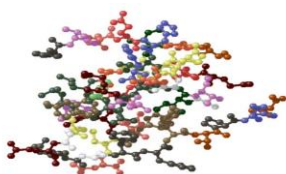



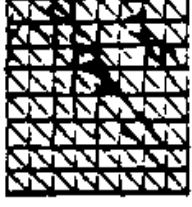
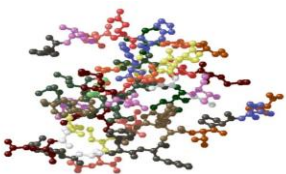
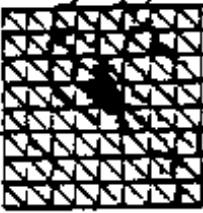
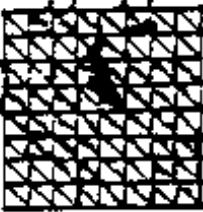


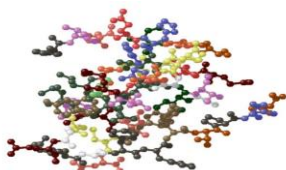





TABLA 5.1 Clasificación de adherencia.

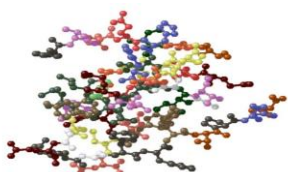
Classification	Standard sketches depicting flaking or chipping.
<p><u>Grade 0</u> (0% removed)</p>	
<p><u>Grade 1</u> (less than 5% removed)</p>	
<p><u>Grade 2</u> (Approximately 5% removed)</p>	
<p><u>Grade 3</u> (Approximately 10% removed)</p>	



Classification	Standard sketches depicting flaking or chipping.
<p><u>Grade 4</u> (approximately 15% removed)</p>	
<p><u>Grade 5</u> (approximately 20% removed)</p>	
<p><u>Grade 6</u> (approximately 25% removed)</p>	
<p><u>Grade 7</u> (approximately 45% removed)</p>	



Classification	Standard sketches depicting flaking or chipping.
<p><u>Grade 8</u> (approximately 60% removed)</p>	
<p><u>Grade 9</u> (approximately 75% removed)</p>	
<p><u>Grade 10</u> (approximately 95% removed)</p>	



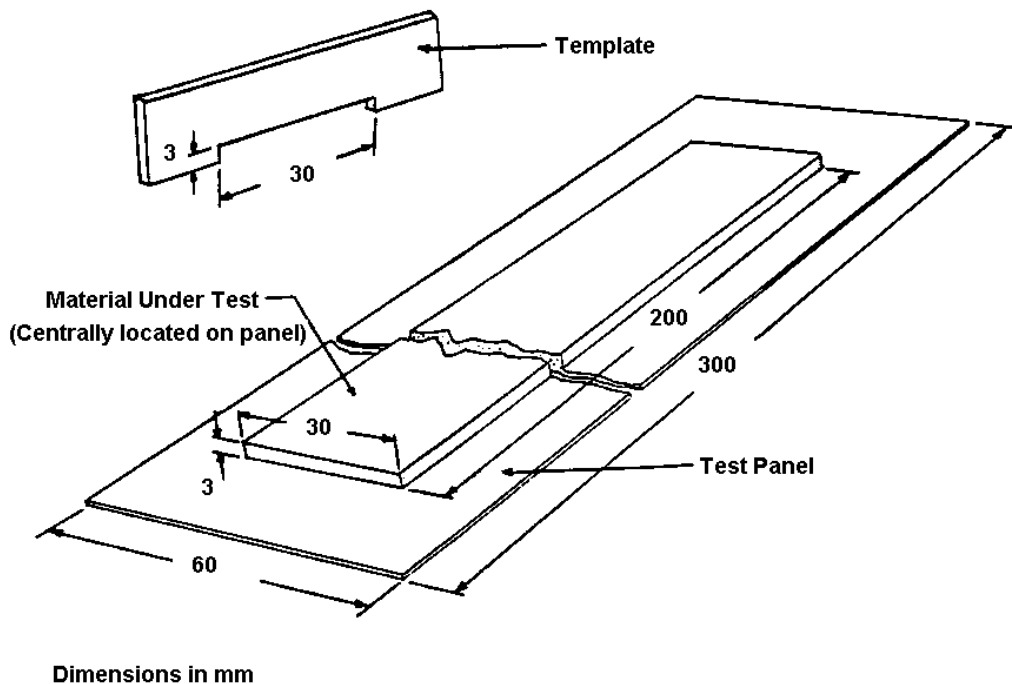
### **Resistencia al Intemperismo (SAE J 2527).**

#### **Procedimiento:**

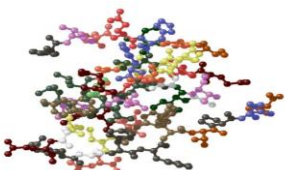
1. Aplicar a seis paneles una cinta 200 mm de longitud del material sometido a prueba usando la plantilla como se muestra en Figura 5.9.
2. Acondicionar las muestras a  $23 \pm 2$  ° C durante diez minutos
3. Cure tres muestras de acuerdo al ciclo mínimo de curado y los otros tres con el ciclo máximo
4. Espree sobre las placas los sistemas de pintura (primer + base + barniz)
5. Dejar reposar el tiempo flash y hornear según el método FLTM 150-05
6. Retire las muestras del horno condicione a  $23 \pm 2$  ° C durante 4 horas mínimo
7. Somete a las condiciones de intemperismo marcadas por la especificación.

#### ● Evaluación

Las placas deberán estar sin pegajosidad, manchado, decoloración, mateado, ablandamiento, transferencia de pintura, cambio de color u otros defectos objetables de apariencia en la pintura sobre el sellador.



**FIGURA 5.9.- Preparación del panel.**



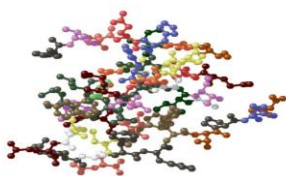
### **Determinación de amarillamiento en selladores de PVC curados por calor (FLTM BV 153-12).**

#### **Procedimiento:**

1. Envolver con papel aluminio dos paneles electrorrecubiertos, uno sobre el otro separados con un espaciador resistente de 1 mm de espesor.
2. Hornee de acuerdo con las especificaciones del material.
3. Acondicione durante 1 h a 23 +/- 2°C y elimine el papel aluminio.
4. Aplicar en cada panel una cama de sellador de 20 mm de ancho y 3 mm de espesor, a través del recubrimiento y superficie no revestida.
5. Coloque las muestras en el horno y hornee según FLTMBV 150-05, o de acuerdo con la especificación.
6. Condiciónelos a 23+/- 2°C.
7. Cubra las muestras mediante pulverización con el esmalte blanco de producción actualmente aprobado para un espesor 20 – 30 micrómetros.
8. Permita que las muestras estén en reposo durante un tiempo de evaporación de 10 minutos y luego se curan de acuerdo a FLTMBV150-05, o de acuerdo a la especificación del material.
9. Condiciona a 23+/- 2°C y cuelga las muestras en el frasco lleno de agua hasta un nivel de 10 mm sin contacto con el agua.
10. Exponer el frasco con muestras durante 14 días a 40 +/- 2 ° C.

- Procedimiento de evaluación:

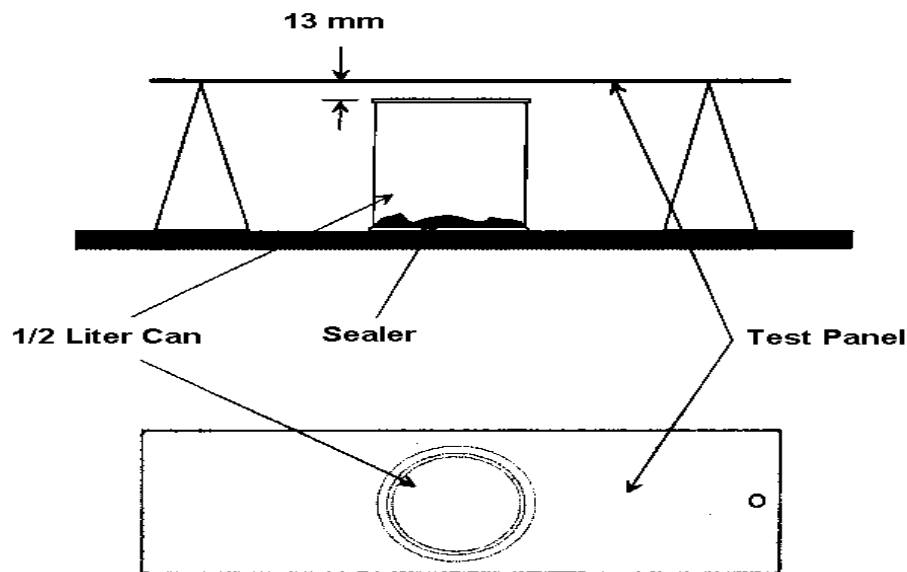
Examine el amarillamiento de los paneles según marque la especificación.



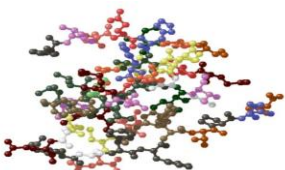
**Prueba de humo sobre el sellador (FLTM BV 130-01).**

**Procedimiento a) humos durante el horneado del primer:**

1. Extender 10 – 12 gr del sellador en la parte inferior en el interior de 1/2 lata de un litro de modo que todo el fondo del bote se cubra con sellador.
2. Cúbrela con papel de aluminio.
3. Pre-gelar el sellador a 121 °C durante siete minutos. Dejar enfriar durante 20 minutos a 23°C.
4. Aplicar primer a un panel según lo especificado. Quite el papel de aluminio de la lata y coloca el panel con primer (lado húmedo hacia abajo) sobre la apertura puede dejar 13 mm de separación entre la parte superior de la lata y el panel frontal ver figura 5.8.
5. hornee el panel con primer a 163° C durante 23 minutos TM.
6. Retire el panel de prueba de la lata
7. Pinte y hornee el panel según la temperatura mínima recomendada
8. Repita los pasos 1 – 7 excepto el panel de capa superior este se debe hornear con el máximo ciclo de horneado
9. Acondicionar los paneles de 4-24 horas a 23°C.
10. Realice la prueba de adherencia de la pintura de rayitas cruzadas (FLTM B I106-01) en un área del panel de ensayo expuestos y no expuestos a los humos de selladores y registrar.



**FIGURA 5.10.- Prueba de humo sobre el sellador.**





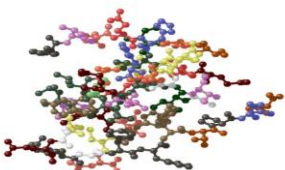
### ***Flexibilidad de selladores (FLTM BV 115-01).***

#### **Procedimiento:**

1. Tome 6 ensambles preparados y enfriarlos a  $23 \pm 2$  ° C.
2. Aplique una cama de sellador de 3 - 4 mm de diámetro para la articulación del conjunto de prueba. Moldee el sellador en el conjunto para proporcionar una cinta ligeramente cóncava sobre el ensamble.
3. Aplique el material de imprimación actual de producción después de 10 minutos que son el tiempo flash hornear de la siguiente manera:
  - a) 3 conjuntos con el mínimo ciclo de curado especificados en el FLTM BV 150-05
  - b) 3 conjuntos con el máximo horneado también especificado en el FLTM BV 150-05
4. Después acondicionar los ensambles por una hora a 23° C.
5. Rocié cada uno de los ensambles con un color claro de producción y dele el siguiente horneado:
  - a) los 3 primeros ensambles el segundo mínimo horneado
  - b) para los otros 3 ensambles el máximo ciclo de horneado ambos especificados en FLTM BV 150-05
6. Acondicionar los ensambles por un mínimo de 4 horas a  $23 \pm 2$  ° C. Montar un ensamble en el accesorio como se muestra en la Figura 5.11 con la brida hacia abajo y centrada en el medio de las abrazaderas (B1 y B2). La abrazadera (D) debe ser de 6 mm de distancia de la parte inferior del panel.
7. Después de sujetar el conjunto en su lugar, desviar el panel hasta el máximo de 4 mm, o de acuerdo con la Especificación, moviendo la leva excéntrica con la mano e inspeccionar y tomar nota de cualquier pequeño hoyo o grietas.
8. Arranque la máquina de flexión y continúe la prueba para el número total de ciclos requerido por la Especificación, o hasta que se produzca el fallo. Al término de cada 500 ciclos, examinará la articulación para el fracaso de metal y / o sellador de fallo cohesivo.
9. Repita el procedimiento que se describe en el párrafo 6-9 usando los otros conjuntos.

#### **Evaluación:**

Se define como insuficiencia de sellador a la grieta o el número de grietas, incluyendo las iniciadas por orificios que tienen una longitud total de más de 12



mm. Las grietas que se producen solo en la capa de pintura y no penetra al sellador no se considerara defecto.

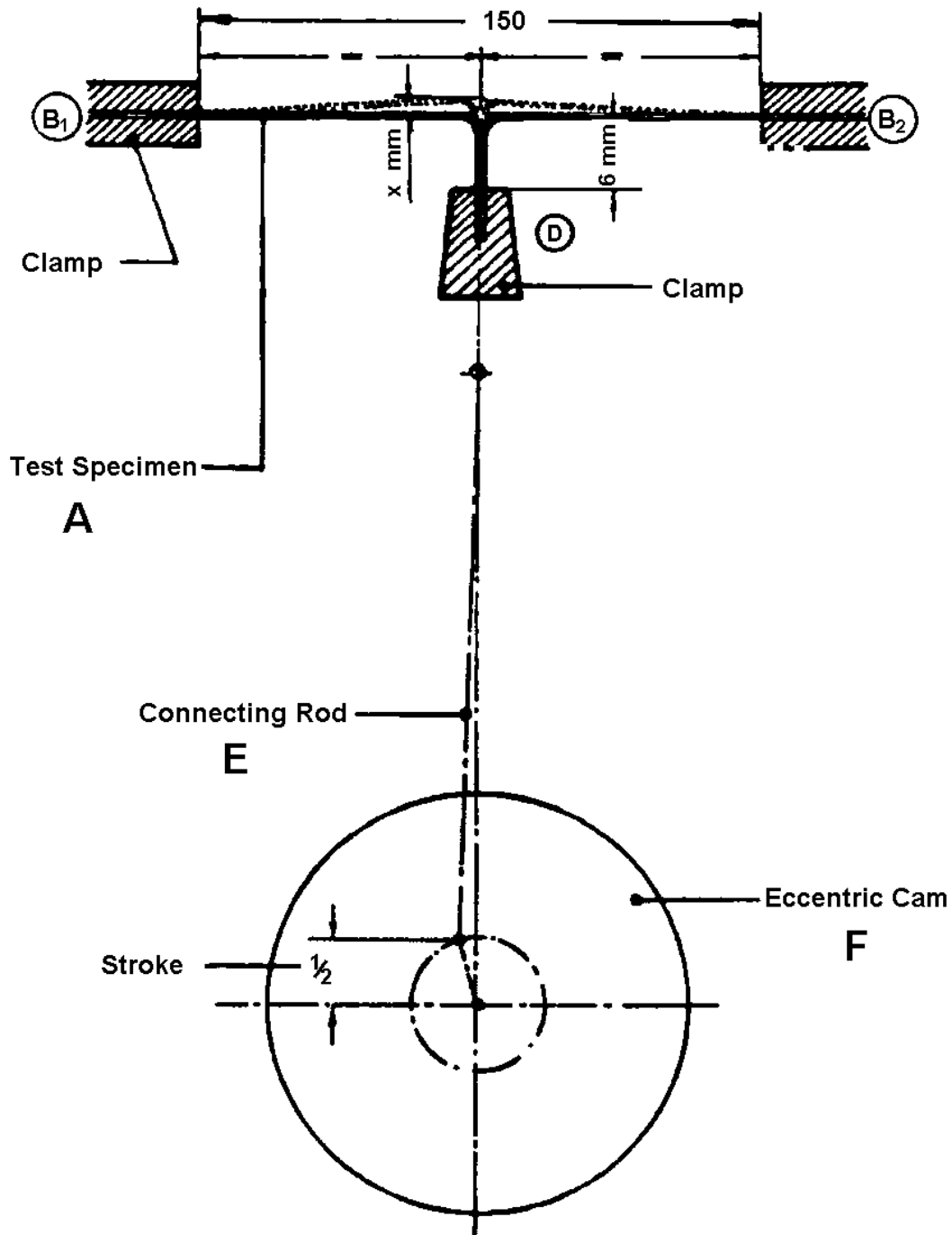
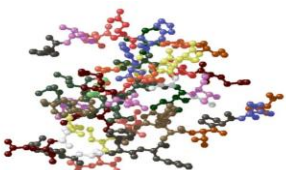


FIGURA 5.11.- Prueba de humo sobre el sellador.



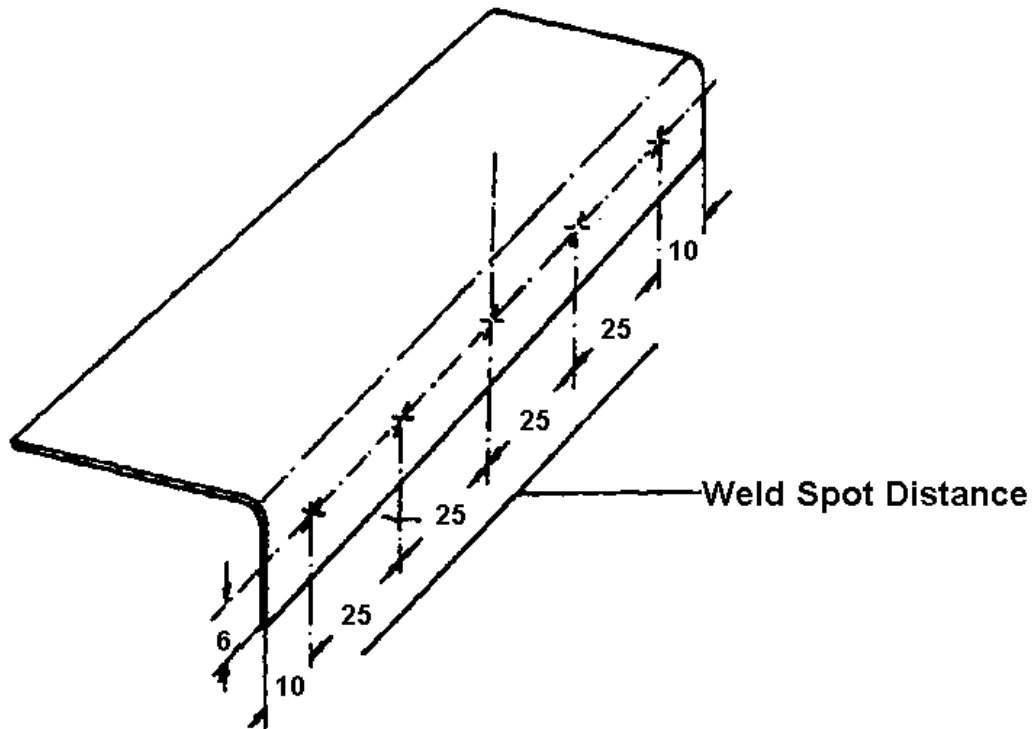
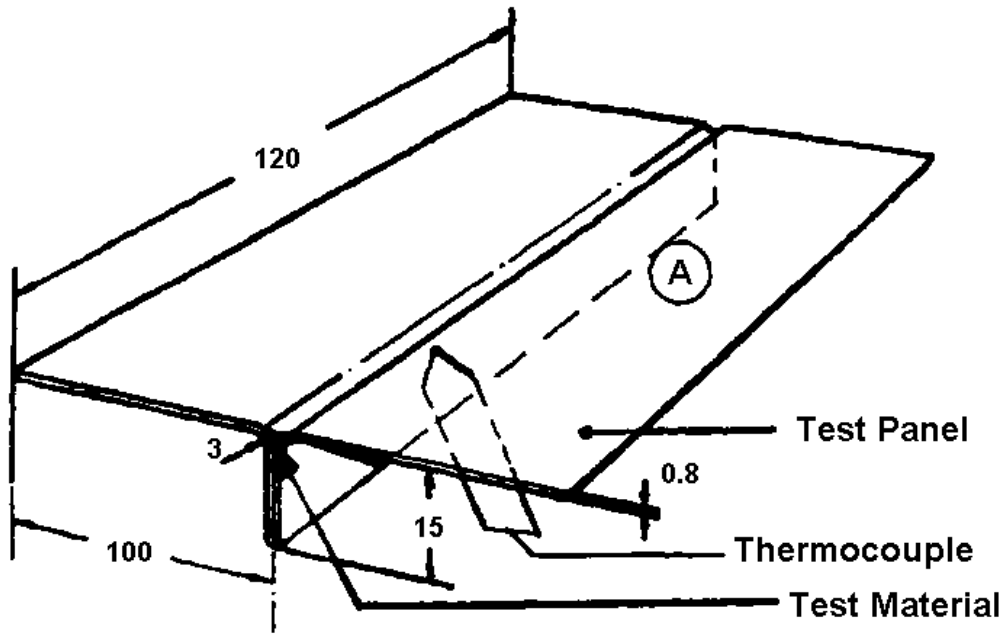
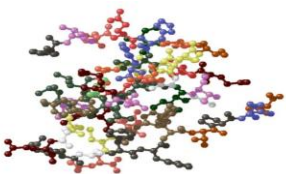


FIGURA 5.12 Medidas del montaje.



## **Determinación de tracción, corte, y la adhesión en selladores (FLTM BV 154-03)**

### **Aplicación:**

Este método se utiliza para determinar la adhesión a la tracción, adhesión por cizallamiento, y la adhesión de pelado en selladores curados por calor.

- Método A Adhesión a la tracción
- Método B Adhesión al cizallamiento
- Método C Adhesión de pelado

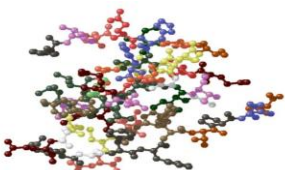
Preparación de los ensambles de prueba para superficies con electro-recubrimiento

1. Preparar 10 conjuntos de pruebas como se muestra en las figuras 5.13, 5.14 o 5.15, utilizando material aprobado.
2. Aplicar una cantidad suficiente del material en prueba a una parte del conjunto de manera que después de la colocación de la otra parte sobre el material el espesor sea el requerido.
3. Condicione los conjuntos a temperatura ambiente durante un tiempo de 10 minutos.
4. Cure 5 conjuntos por cada ciclo de curado de acuerdo a FLTMBV150-05,.
5. Retire los ensambles del horno, enfriar a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y
6. Probar y analizar cómo se describe en el procedimiento.

### **Procedimiento.**

Las pruebas descritas en los Métodos "A", "B" y "C" debe llevarse a cabo después de acondicionar los ensambles durante 2 horas a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y un tiempo de acondicionamiento adicional de 25 a 30 minutos a las siguientes temperaturas:

- $20 \pm 2^\circ\text{C}$
- $90 \pm 2^\circ\text{C}$
- $-40 \pm 2^\circ\text{C}$



**Método "A" - Adherencia-** (5 ensamblados necesarios para cada condición de curado).

1. Montar los conjuntos tal como se muestra en la Figura 5.13, en un dispositivo adecuado e insertar en la máquina de tracción, teniendo cuidado de no cargar el ensamblado durante el montaje.
2. Determinar el esfuerzo a la tracción(N/m<sup>2</sup>) del ensamble por desgarre a una velocidad constante de 25mm/minuto.

**Método "B" –Adhesión al cizallamiento-**

1. Monte el conjunto como se muestra en la Figura 5.14 en la máquina de tracción.
2. Determinar el esfuerzo de cizallamiento del (N/m<sup>2</sup>) ensamble por desgarre a una velocidad constante de 25mm/minuto.

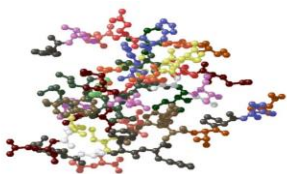
**Método "C" – Resistencia al despellejamiento-** (5 ensamblados necesarios para cada condición de curado).

Nota: se debe obtener una superficie plana antes del curado y posteriormente eliminar el exceso con una espátula o cuchillo.

1. Monte el conjunto como se muestra en la Figura 5.15, en la máquina de tracción.
2. Determinar la adherencia al pelado del ensamble por desgarre a la misma velocidad

**Evaluación:**

El informe de los resultados obtenidos en N/m<sup>2</sup>, como se indica en los métodos A, B y C, incluido el método de preparación y el método de prueba.



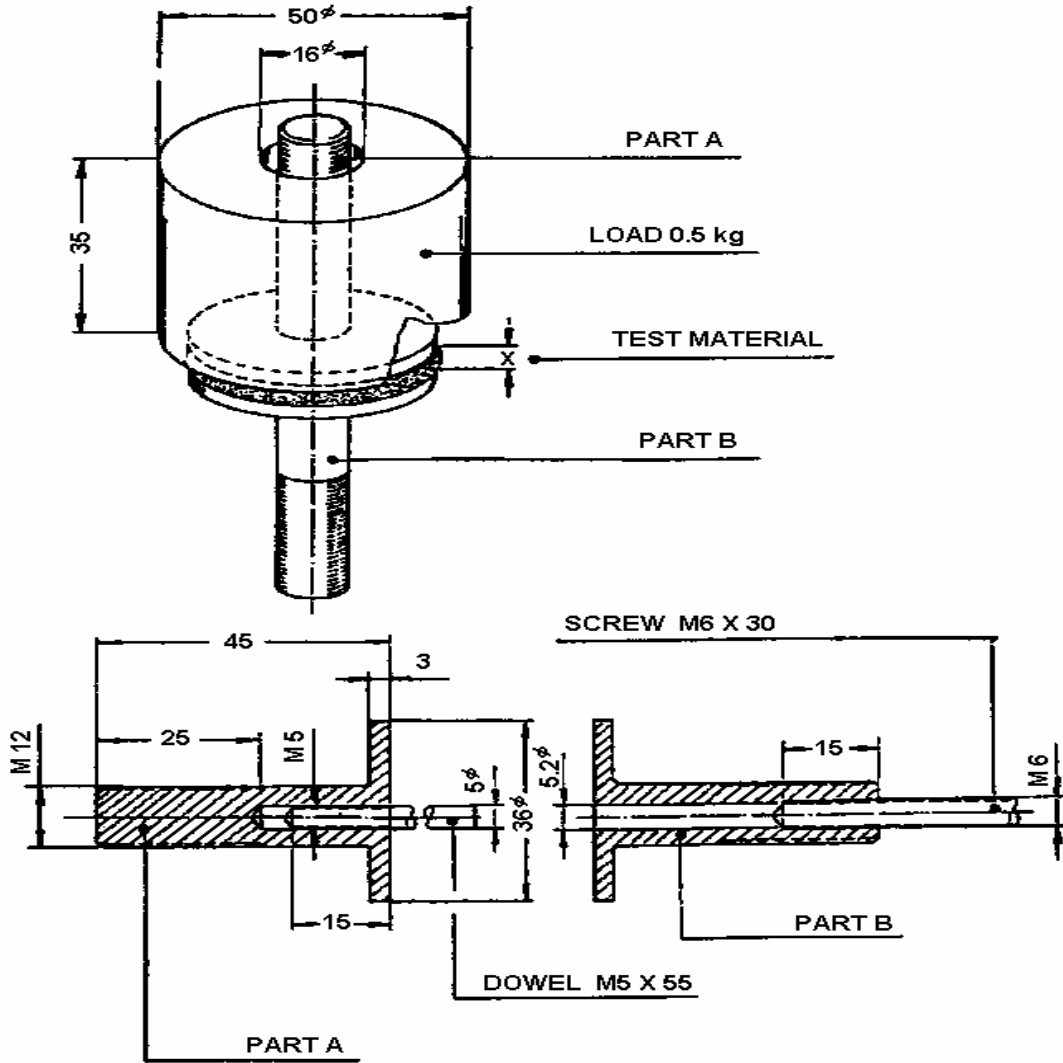
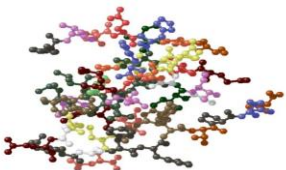


FIGURA 5.13 Adhesión a la tracción.



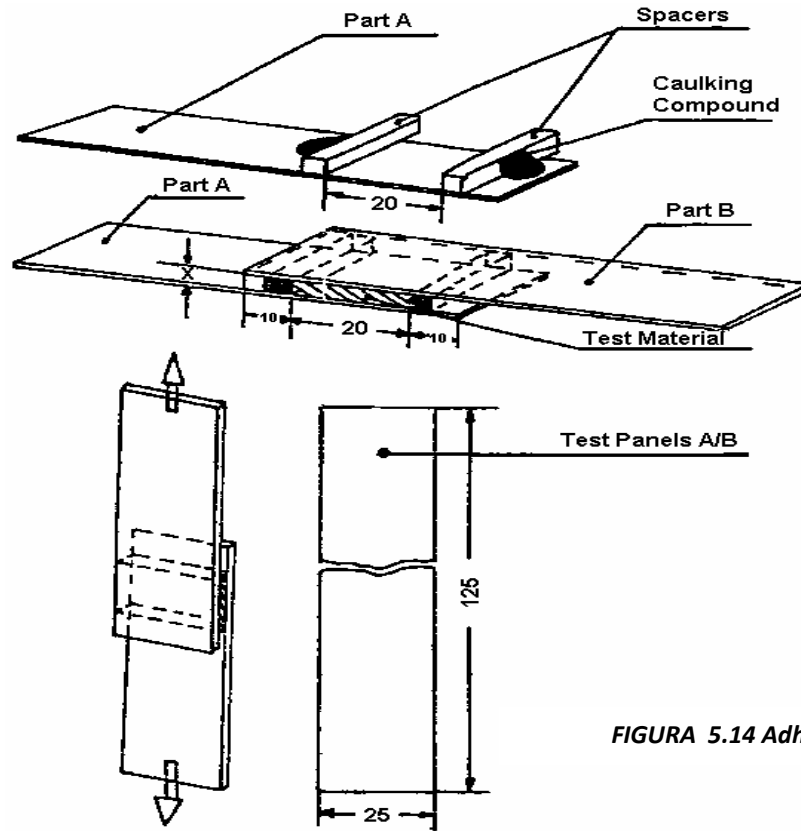


FIGURA 5.14 Adhesión al cizallamiento.

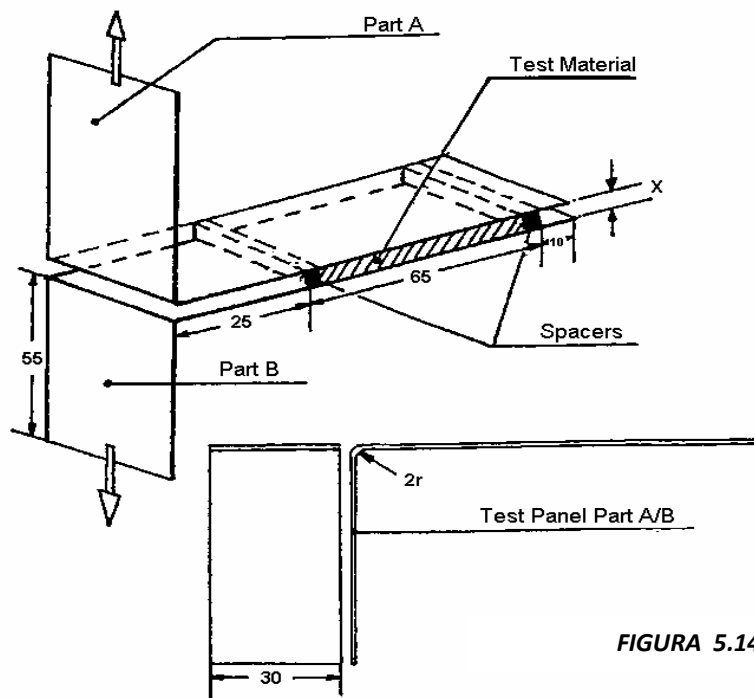
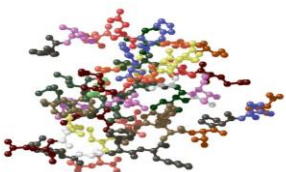


FIGURA 5.14 Adhesión al pelado.

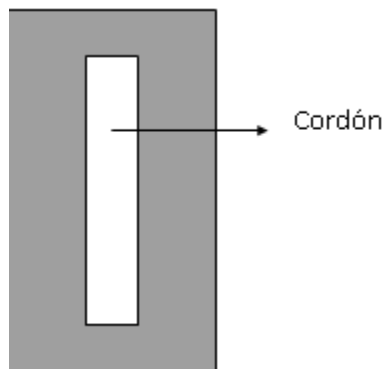




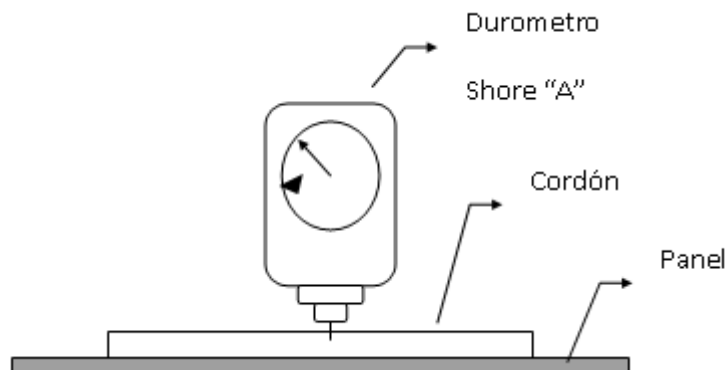
### ***Determinación de dureza en selladores (ASTM D-2240).***

#### **Procedimiento:**

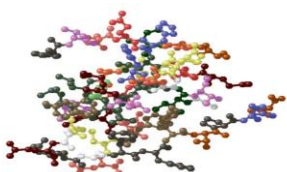
1. Preparar la superficie del panel como en la Figura 5.12.
2. Homogeneizar la muestra con ayuda de la espátula..
3. Aplicar suficiente muestra y rasar con la plantilla
4. Colocar la muestra en el horno (fig. 4), con las condiciones especificadas
5. Sacar muestra del horno condicionarla a temperatura ambiente durante 24 hrs
6. Calibrar el equipo.
7. Realizar la medición de la muestra tomando 5 lecturas en diferentes lugares del cordón Figura 5.13
8. Determinar el promedio de las lecturas y reportar dicho resultado.



**FIGURA 5.12 Cordón para determinar dureza.**



**FIGURA 5.13.metodo de prueba durómetro A**

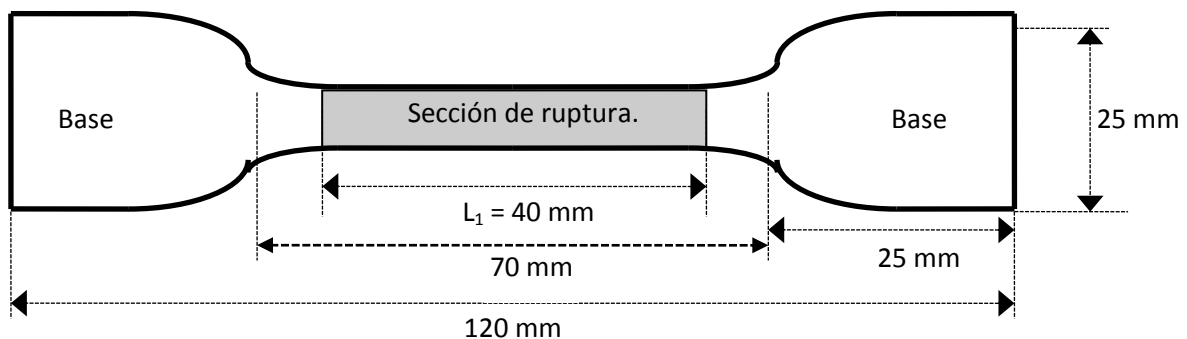


### **Determinación del porcentaje de tensión y elongación en selladores (ASTM D-412)**

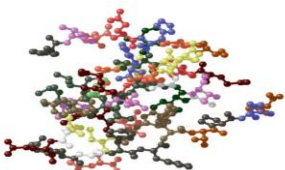
**Procedimiento:**

1. Tomar 80 gr. (Aprox.) de muestra del material en prueba sin agitar.
2. Colocar la muestra sobre papel encerado
3. Llevar la muestra a la prensa
4. Poner 4 espaciadores de 2mm de grosor para alcanzar el espesor uniforme en la
5. Prensar y realizar el horneado a las temperaturas especificadas.
6. Condicionar a temperatura ambiente durante 24 horas.
7. Realizar los cortes con el suage para formar 3 corbatas (ver figura 5.14) como mínimo, procurando que no contenga entrampamiento de aire.
8. Trazar 2 líneas con una distancia de 4cm ( $L_1$ ) como referencia.
9. Encender el equipo y calibrar el dinamómetro a 200 mm por minuto.
10. Colocar las corbatas secuencialmente en las mordazas del equipo
11. Iniciar desplazamiento de las corbatas e ir tomando la distancia de separación entre ambas líneas
12. Parar el equipo cuando la corbata se rompa.
13. Registrar el desplazamiento obtenido como  $L_2$ , aunado a eso en ese preciso momento otro analista debe ver el alcance que tuvo la caratula del dinamómetro y reportar la tensión.
14. Determinar el porcentaje de elongación

$$\% \text{ Elongacion} = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100$$



**FIGURA 5.14 Medidas de la corbata**



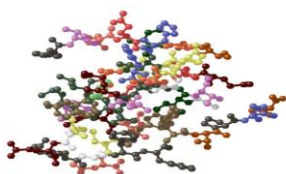
## CAPITULO

# 6

### PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

#### *Actividad 1.- síntesis del producto.*

Planta Placosa conoce desde siempre que la obtención de productos verdaderamente útiles y de alta calidad es posible sintetizando la fórmula más apropiada y apegada a la especificación. Esto se logró añadiendo a la matriz polimérica los aditivos y cantidad de estos necesarios para moldear el sellador en el producto deseado.



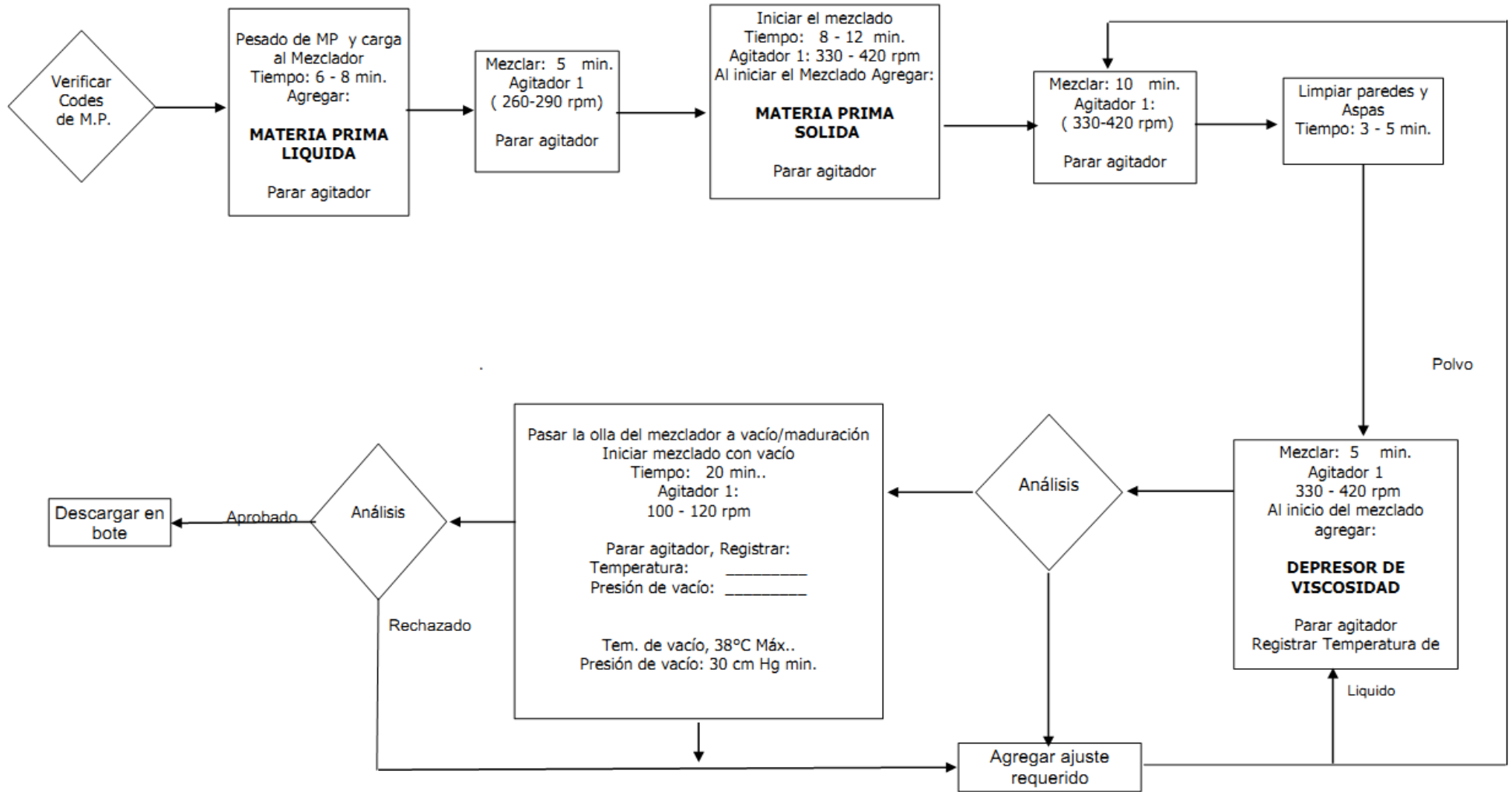
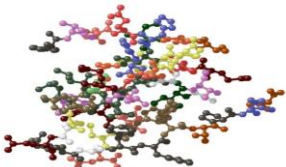


FIGURA 6.1 Hoja técnica de fabricación del producto en el laboratorio.





### Actividad 2. Características relevantes.

Consistió en analizar el conjunto de atributos mínimos y de mayor impacto que generan una perspectiva sobre la dirección adecuada del desarrollo

Se analizaron como marcan los materiales y métodos las siguientes características:

1. VISCOSIDAD BROOKFIELD
2. VISCOSIDAD CASTOR (SAE J1524 VIS 2)
3. RESISTENCIA AL ESCURRIMIENTO (WSS-M4G359-A / 3.8)
4. COMPATIBILIDAD CON PINTURA (WSS-M4G359-A / 3.16)
5. PESO POR VOLUMEN (ASTM D 816)
6. ADHESION (WSS-M4G359-A / 3.10)
7. SOLIDOS (ASTM D2834).

### Actividad 3. Realización de la muestra a nivel cubeta en el reactor piloto

Se realizó con el fin de garantizar la repetibilidad del proceso a mayor escala. También para obtener material y seguir con las pruebas.

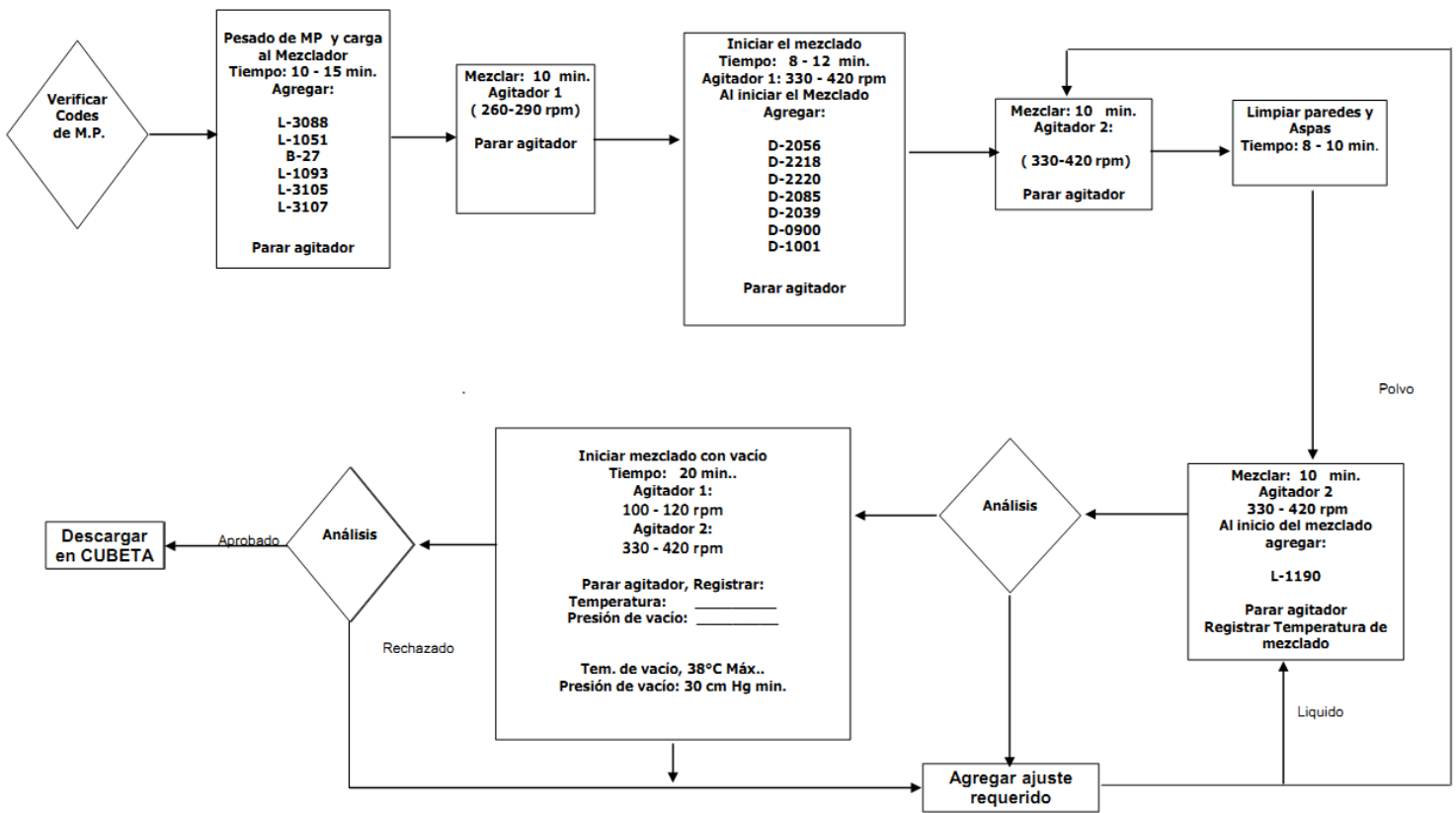
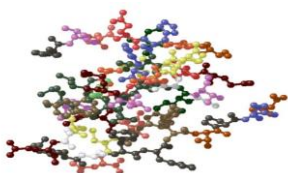


FIGURA 6.2 Hoja técnica de fabricación.





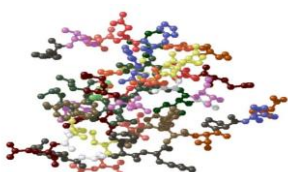
#### **Actividad 4.- Pruebas que comprenden la inspección completa.**

Se llevó a cabo un estudio profundo en donde todos los detalles fueron completa y cuidadosamente revisados. Para garantizar la buena funcionalidad del producto en condiciones extremas que se pueden presentar en la línea de producción o posteriormente en las unidades. Estas pruebas son dictadas en la especificación WSS-M4G359-A y abarcan además:

- a) Pruebas relevantes de la muestra en el reactor piloto
- b) Matriz de pruebas enviadas por Ford Company Cuautitlán.

Se llevaron a cabo como se mencionan en los métodos las siguientes pruebas.

1. Reología
2. Sólidos (ASTM D2834)
3. Peso por volumen (ASTM D 816)
4. Punto de flama (ASTM D93)
5. Viscosidad (ASTM D 816)
6. Esgurrimiento (WSS-M4G359-A)
7. Puenteo (WSS-M4G359-A)
8. Adhesión (WSS-M4G359-A)
9. Adhesión en frio (FLTM BV 151-01)
10. Absorción de agua (FLTM BV 153-07)
11. Resistencia al calor (WSS-M4G359-A)
12. Resistencia a la corrosión (FLTM 123-03)
13. Dobleza en mandril (FLTM BV 122-01)
14. Compatibilidad con pintura (WSS-M4G359-A, FLTM BI 106-01, SAE J 2527, FLTM BV 153-12)
15. Pintabilidad en área confinada (WSS-M4G359-A)
16. Prueba de humo (FLTM BV 130-01)
17. Resistencia al agrietamiento (FLTM BV 115-01)
18. Esfuerzo al corte (FLTM BV 154-03)
19. Esfuerzo al corte por despellejamiento (FLTM BV 154-03)
20. Dureza (ASTM D-2240)
21. Propiedades del sellador curado (ASTM D-412)
22. Abrasivos (WSS-M4G359-A)
23. Espreabilidad (WSS-M4G359-A)
24. Resistencia al goteo (WSS-M4G359-A)





Ahora para las pruebas correspondientes al punto 3.15 **compatibilidad con pintura de producción** y 3.16 **pintabilidad del área confinada** fueron paneles pintados con la siguientes combinaciones solicitadas por el laboratorio de pintura de Ford Company.

$$\text{Primer universal} + \text{base} \begin{bmatrix} \text{Blanco} \\ \text{Gris} \\ \text{Rojo} \\ \text{Azul} \\ \text{Negro} \end{bmatrix} + \text{Barniz Claro}$$

Y los espesores fueron de

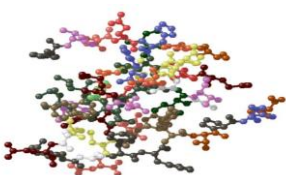
*Primer universal*( $25 \pm 5$  micras) + *Base* ( $20 \pm 5$  micras) + *Barniz* ( $30 \pm 5$  micras).

#### **Actividad 5.- Prueba piloto.**

Se fabricaron 2 tambores para realizar el seguimiento de viscosidades y enviar una cubeta de muestra al cliente. Por lo cual se realizó la solicitud de prueba funcional al departamento de producción.

#### **Actividad 6.- Seguimiento de viscosidad.**

Se llevó a cabo un monitoreo de viscosidades en función al tiempo de almacenamiento.





# CAPITULO

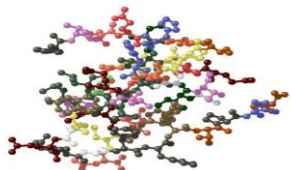
# 7

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

• Datos obtenidos en todas las síntesis a nivel laboratorio.

EFTEC - PLACOSA		INSPECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS RELEVANTES								MATERIAL:	SELLADOR PINTABLE EXTERIOR E INTERIOR
EFTEC - PLACOSA										CLIENTE:	FORD CUAUTITLAN
#	NO. DE SÍNTESIS	FECHA DE FABRICACIÓN	PESO POR VOLUMEN Kg/Lt	SÓLIDOS (3hrs. a 101- 103°C) (%)	VISCOSIDAD CASTOR (seg)	VISCOSIDAD BROOKFIELD (cPs)	ADHESION	ESCURRIMIENTO (mm)		COMPATIBILIDAD CON PINTURAS	OBSERVACIONES Y VEREDICTO
								VERTICAL	HORIZONTAL		
			1.35	96	4	65,000	NO DEBERA PELARSE EN PELICULA CONTINUA A CUALQUIER ESPESOR	6.4		SIN PEGAJOSIDAD, MANCHADO, DECOLORACION U OTRO DEFECTO	
			1.55	Minimo	30	120,000		Máximo			
1		07-feb-13			23.56	136000					viscosidad brookfield alta
2		09-feb-13			17.18	103000				desprendimiento grado 9	incompatibilidad con pintura
3		11-feb-13			43.17	134000				desprendimiento grado 7	incompatibilidad con pintura
4		11-feb-13			36.89	141000				desprendimiento grado 8	no es aceptable
5		13-feb-13			37.98	138000					viscosidad castor alta
6		14-feb-13			17.96	99000				desprendimiento grado 5	incompatibilidad con pintura
7		19-feb-13			14.72	126000					viscosidad brookfield alta
8		25-feb-13			21	136000					viscosidad brookfield alta
9		02-mar-13			19.94	89000		24		sin desprendimiento	escurrimiento no permitido
10		02-mar-13			19.06	98000				desprendimiento grado 6	incompatibilidad con pintura
11		02-mar-13			13.99	103000				desprendimiento grado 7	incompatibilidad con pintura
12		02-mar-13	1.52	92.26%	20.88	102000	ok	3	0	sin desprendimiento	aceptable
			<b>CARACTERÍSTICAS ANALIZADAS CON MAYOR PRIORIDAD</b>								

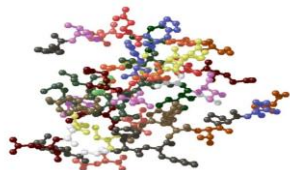
TABLA 7.1 Características relevantes.




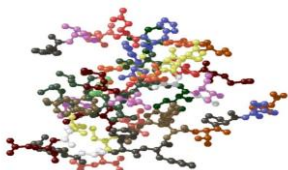
- **En el siguiente cuadro se menciona la materia prima que conforma el sellador 80p09**


<b>Codigo</b>	<b>Nombre quimico</b>	<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Funcion especifica</b>
L-3088	Benzyl 3-isobutyryloxy-1-isopropyl-2,2-dimethylpropyl phthalate	plastificante primario	Elasticidad, Flexibilidad
L-1051	2,2-dimethyl-1-(methylethyl)-1,3-propanediyl bis(2-methylpropanoate)	plastificante secundario	Diluyente
B-40	polimero modificado	Base Polimerica 1	compatibilidad con pintura
L-3176	poli amido amina modificada	Promotor de Adhesion	aumenta la Adhesion
L-3105	poliisocianato alifatico bloqueado en solvente organico	Promotor de Adhesion 2	adhesion al sustrato
L-3107	NAPHTHA (PETROLEUM), HYDROTREATED HEAVY	Solvente	depresor de visc. Castor
D-2056	2,5-thiophenediylbis(5-tert-butyl-1,3-benzoxazole)	Estabilizante Uv	Fluorescencia
D-2218	Dioxido de Titanio	Pigmento	color blanco
D-2220	Oxido de Calcio	Secuestrante de Humedad	absorbe la Humedad
D-2085	Copolimero Vinil Acetato	Base Polimerica 2	espreabilidad
D-2039	Copolimero de PVC	Base Polimerica 3	propiedades Mecanicas
D-2092	Carbonato de Calcio Recubierto de Acido Estearico	Agente Tixotropico	Aumenta la Tixotropia
D-2132	Carbonato de Calcio	Carga	disminuye costos

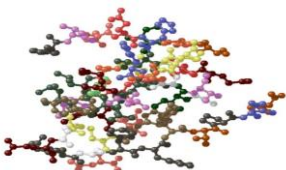
**TABLA 7.2 Listado de materia prima**




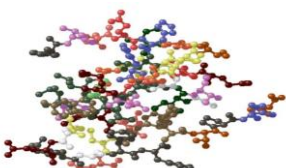
		<b>REPORTE DE INSPECCIÓN COMPLETA</b>			<b>Fecha de elaboración</b> <b>Página: 1 de 3</b>	
<b>CLIENTE:</b> FORD <b>PLANTA:</b> CUAUTITLAN		<b>NO. DE PARTE:</b> 80P09		<b>ESPECIFICACIÓN (Revisión y/o Año):</b> WSS-M4G359-A REV. 2009 01 29		
<b>ANALISTA:</b> SERGIO HERNANDEZ DE LA TORRE (Nombre y firma)		<b>NOMBRE DEL MATERIAL:</b> DUPLEX SEALER, VINYL BASED, NON YELLOWING, PUMPABLE OR AIRLESS SPRAYABLE HEAT CURING, PAINTABLE INTERIOR AND EXTERIOR			<b>NO. LOTE:</b> 13C2159	
<b>REVISOR:</b> ING. SERGIO CHEPILLO (Nombre y firma)		<b>FECHA INICIO:</b> 18/03/2013	<b>FECHA FINAL:</b> 18/06/2013	<b>% DE AVANCE</b>	<b>DICTAMEN:</b>	
NO. PRUEBA.	PRUEBA	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	OK	NG
3.2	Reología		Reportar	Ver grafico	OK	
3.3	Solidos	ASTM D2834	96% min	97.26%	OK	
3.4	Peso por volumen	ASTM D 816	1.35 - 1.55 Kg/lit	1.5237 Kg/Lt	OK	
3.5	Punto de flama	ASTM D93 Method A	> 100°C	Laboratorio Externo (102 °C)	OK	
3.6	Viscosidad a 23°C	SAE J1524 VIS 2	4 - 30 segundos	22.59	OK	
3.6.1	Al recibo		Original + 50% max	47.01% de cambio	OK	
3.6.2	Envejecida (168 h a 40°C)		Grafico de viscosidad contra tiempo de cada temperatura	Ver graficas anexas	OK	
3.6.3	Estabilidad al almacenamiento 90 días a 23°C +/- 2°C y 32°C +/- 2°C					
3.7	Escurrimiento					
3.7.1	Horizontal	WSS-M4G359-A / 3.8.1	6.4 mm max	0.0 mm	OK	
3.7.2	Vertical	WSS-M4G359-A / 3.8.2	6.4 mm max	0.0 mm	OK	
3.7.3	Invertido	WSS-M4G359-A / 3.8.3	Sin perdida de material	Sin perdida de material	OK	
3.8	Punteo	WSS-M4G359-A / 3.9	6.4 mm max	4.0 mm	OK	
3.9	Adhesion	WSS-M4G359-A / 3.10	Sin desprendimiento de material a ningun	Sin desprendimiento de material a ningun espesor	OK	
3.10	Adhesion en frio	FLTM BV 151-01, -40°C carga "A"	Sin descamacion ni perdida de adhesion	Sin descamacion ni perdida de adhesion	OK	
3.11	Absorcion de agua	FLTM BV 153-07, excepto horneo a 165 +/- 2°C	1.5% max	1.00%	OK	
3.12	Resistencia al calor	WSS-M4G359-A / 3.13	Sin evidencia de ampollamiento, grietas, quemado u otros efectos de deterioro	Sin evidencia de ampollamiento, grietas, quemado u otros efectos de deterioro	OK	
3.13	Resistencia a la corrosion	FLTM 123-03 (30 ciclos)	Sin corrosion ni perdida de adhesion	Sin corrosion ni perdida de adhesion	OK	
3.14	Doble en mandril	FLTM BV 122-01				
3.14.1	23 +/- 2°C		Sin agrietamiento ni falla adhesiva	Sin agrietamiento ni falla adhesiva	OK	
3.14.2	-20 +/- 1°C		Sin agrietamiento ni falla adhesiva	Formacion de grietas		NG

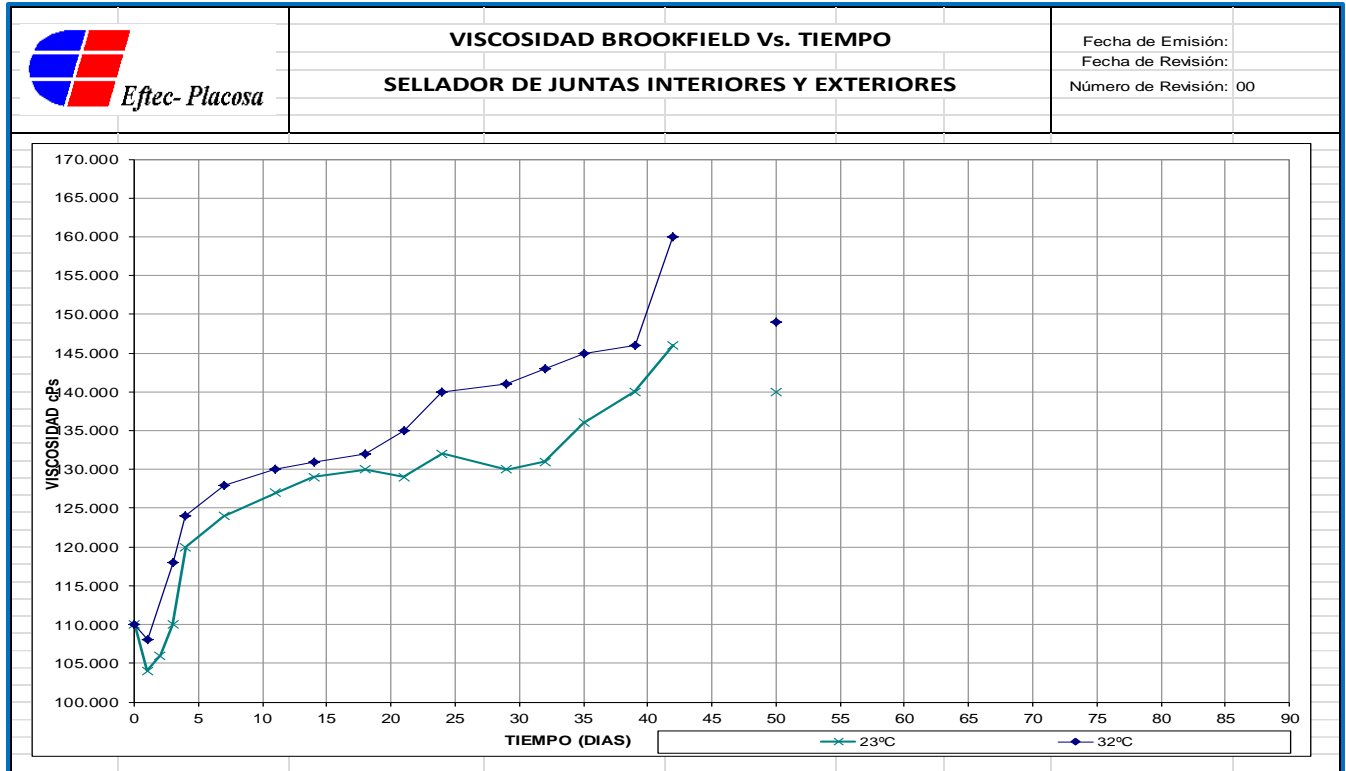
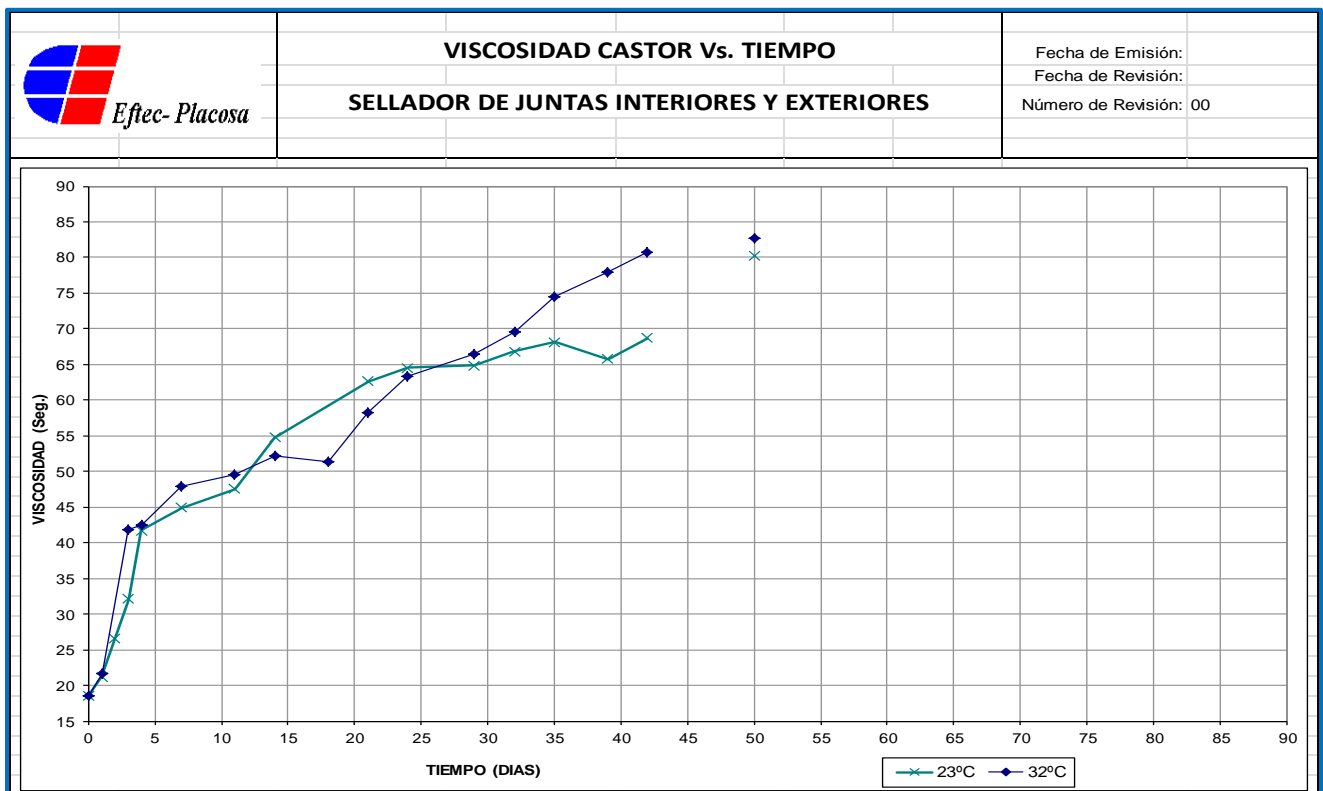
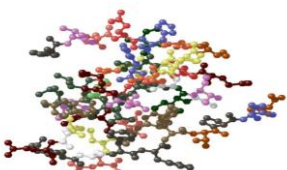


		<b>REPORTE DE INSPECCIÓN COMPLETA</b>			<b>Fecha de elaboración</b> <b>Página: 2 de 3</b>	
<b>CLIENTE: FORD</b>		<b>NO. DE PARTE:</b> WSS-M4G359-A		<b>ESPECIFICACIÓN (Revisión y/o Año):</b>		
<b>PLANTA: CUAUTITLAN</b>		<b>WSS-M4G359-A</b>				
<b>ANALISTA:</b> ( Nombre y firma )		<b>NOMBRE DEL MATERIAL:</b> DUPLEX SEALER,VINYL BASED, NON YELLOWING, PUM PABLE OR AIRLESS		<b>NO. LOTE:</b> % DE AVANCE		<b>DICTAMEN:</b>
<b>REVISOR:</b> ( Nombre y firma )		<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FINAL:</b>		
NO. PRUEBA.	PRUEBA	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	OK	NG
3.15	Compatibilidad con pintura	FL TM BI 106-01 Metodo B	Sin pegajosidad,	Sin pegajosidad, manchado,	OK	
3.15.1	Humectabilidad y manchado	WSS-M4G359-A / 3.16.1	Sin pegajosidad, manchado, decoloracion, mateado, ablandamiento, transferencia de pintura, cambio de color u otros defectos objetables de apariencia en la pintura sobre el sellador.	Sin pegajosidad, manchado, decoloracion, mateado, ablandamiento, transferencia de pintura, cambio de color u otros defectos objetables de apariencia en la pintura sobre el sellador.	OK	
3.15.1.a	23 +/-2°C					
3.15.1.b	40 +/- 1°C					
3.15.2	Resistencia al intemperismo	SAE J 2527	Sin pegajosidad, manchado, decoloracion, mateado, ablandamiento, transferencia de pintura, cambio de color u otros defectos objetables de apariencia en la pintura sobre el sellador.	Laboratorio externo		
3.15.2.1	2000 hrs Xenon					
3.15.2.2	Un año en Florida					
3.15.3	Determinacion de amarillamiento	FL TM BV 153-12	Sin amarillamiento	Sin amarillamiento	OK	
3.16	Pintabilidad en area confinada	WSS-M4G359-A / 3.17	Area descubierta: Sin evidencia de transferencia de pintura despues de 10 frotaciones dobles con xilol	Sin evidencia de transferencia de pintura despues de 10 frotaciones dobles con xilol	OK	
			Area cubierta: Transferencia de pintura permitido despues de un minimo de 5 frotaciones dobles con xilol	Sin evidencia de transferencia de pintura despues de 10 frotaciones dobles con xilol	OK	
3.17	Prueba de humo	FL TM BV 130-01	Sin evidencia de desprendimiento de pintura despues dela prueba de adhesion en cuadrícula	Sin evidencia de desprendimiento de pintura despues dela prueba de adhesion en cuadrícula	OK	
3.18	Resistencia al agrietamiento	FL TM BV 115-01	5000 ciclos sin grietas	5000 ciclos sin grietas	OK	



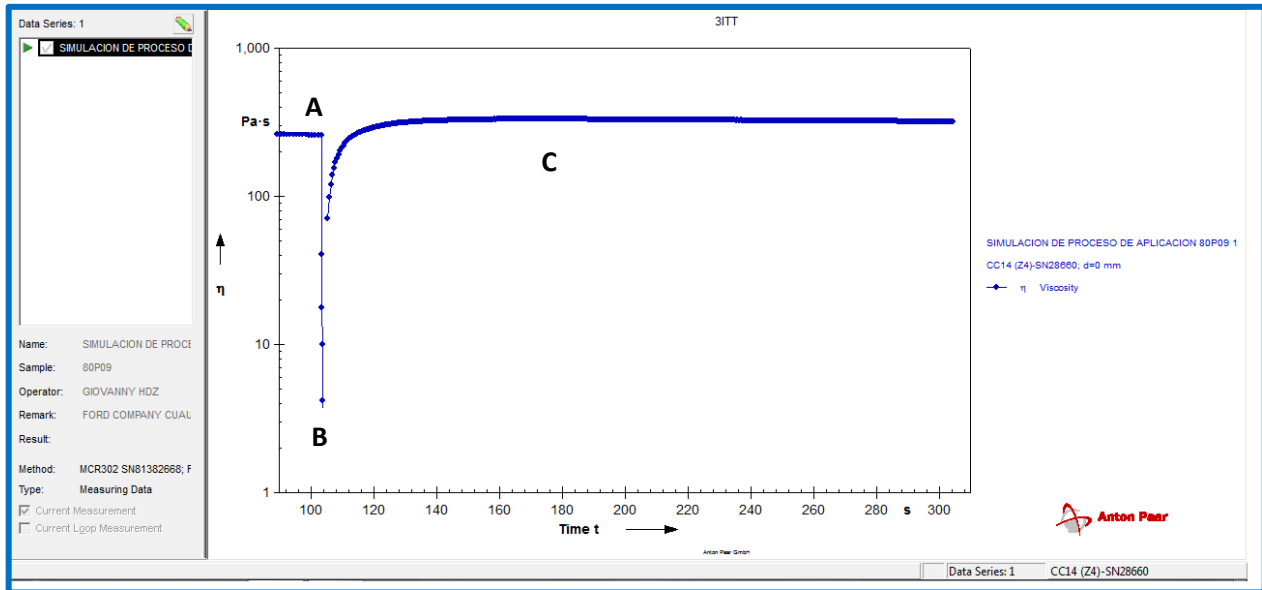
 <b>EFTEC - PLACOSA</b>		<b>REPORTE DE INSPECCIÓN COMPLETA</b>				<b>Fecha de elaboración</b> <b>Página: 3 de 3</b>	
<b>CLIENTE:</b> FORD <b>PLANTA:</b> CUAUTITLAN		<b>NO. DE PARTE:</b> WSS-M4G359-A		<b>ESPECIFICACIÓN (Revisión y/o Año):</b>			
<b>ANALISTA:</b> ( Nombre y firma )		<b>NOMBRE DEL MATERIAL:</b> DUPLEX SEALER, VINYL BASED, NON YELLOWING, PUM PABLE OR AIRLESS			<b>NO. LOTE:</b> % DE AVANCE		<b>DICTAMEN:</b>
<b>REVISO :</b> ( Nombre y firma )		<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FINAL:</b>			
NO. PRUEBA.	PRUEBA	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS		OK	NG
3.19	Esfuerzo al corte	FLTM BV 154-03 Metodo B		MINIMO	MAXIMO		
3.19.1	23 +/- 2°C		0.5 MPa minimo a minimo	0.983 MPa	1.504 MPa	OK	
3.19.2	90 +/- 2°C		0.2 MPa minimo a minimo y maximo horneo	0.212 MPa	0.519 MPa	OK	
3.19.3	-40 +/- 2°C		0.5 MPa minimo a minimo y maximo horneo	1.603 MPa	2.464 MPa	OK	
3.2	Esfuerzo al corte por despegamiento	FLTM BV 154-03 Metodo C		MINIMO	MAXIMO		
3.20.1	23 +/- 2°C		5.0 N/mm minimo a minimo y maximo horneo	6.9 N/mm	6.3 N/mm	OK	
3.20.2	90 +/- 2°C		2.0 N/mm minimo a minimo y maximo horneo	4.8 N/mm	5.6 N/mm	OK	
3.20.3	-40 +/- 2°C		5.0 N/mm minimo a minimo y maximo horneo	8.5 N/mm	7.4 N/mm	OK	
3.21	Dureza	ASTM D-2240	40 -80 Shore A	74		OK	
3.22	Propiedades del sellador curado	ASTM D-412				OK	
3.22.1	Normal Tension		0.9 MPa minimo	2 Mpa.		OK	
3.22.1	Normal elongacion		50% minimo	114.16 %		OK	
3.22.2	Envejecida Tension		1.0 MPa minimo	1.1 Mpa.			
3.22.2	Envejecida elongacion	50% minimo	92.5 %				
3.23	Abrasivos	WSS-M4G359-A / 3.24	Sin materiales abrasivos	Sin materiales abrasivos		OK	
3.24	Espreabilidad	WSS-M4G359-A / 3.25	Deberá ser adecuado para uso en el equipo de aplicación sin aire designado por el area de operación de pintura.	Adecuado para uso en el equipo de aplicación sin aire designado por el area de operación de pintura.		OK	
3.25	Resistencia al goteo	WSS-M4G359-A / 3.28	Sin perdida de material o evidencia de goteo	Sin perdida de material o evidencia de goteo		OK	
<b>No requerido por FORD</b>							

**TABLA 7.3 Reporte de inspección completa**


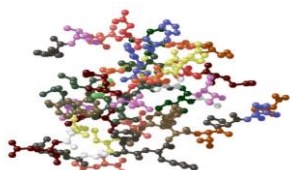
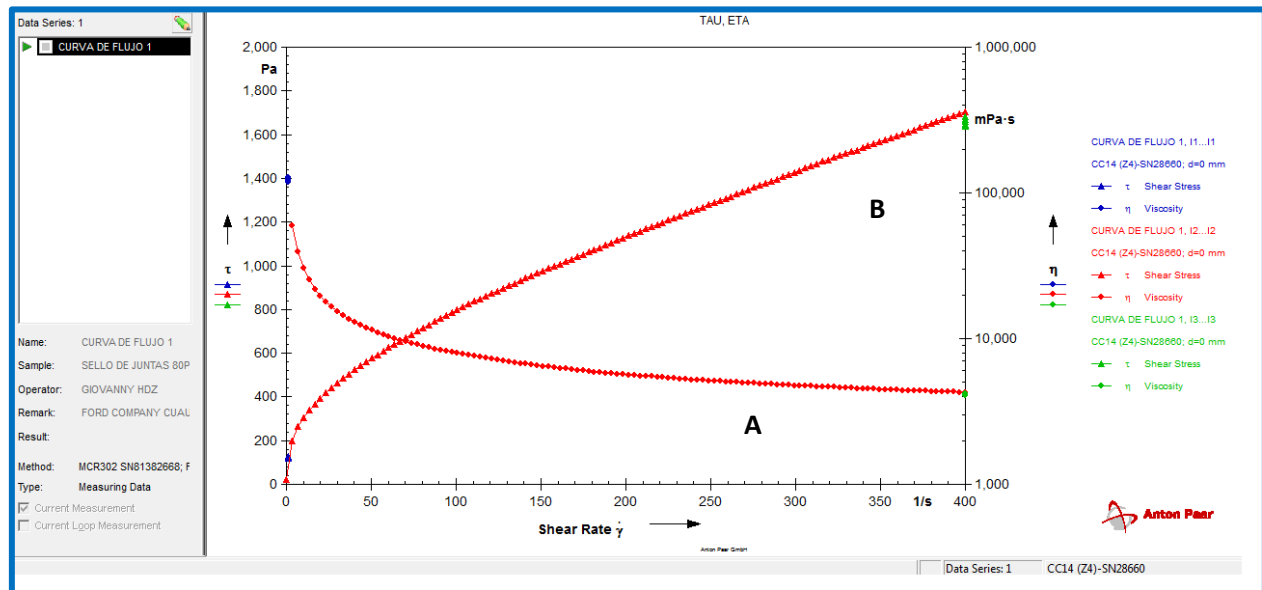

**GRAFICA 7.1 Viscosidad Brookfield vs. Tiempo**

**GRAFICA 7.2 Viscosidad Castor vs. Tiempo**


● **Reología prueba 3.2**

Simulación de Proceso de Aplicación.

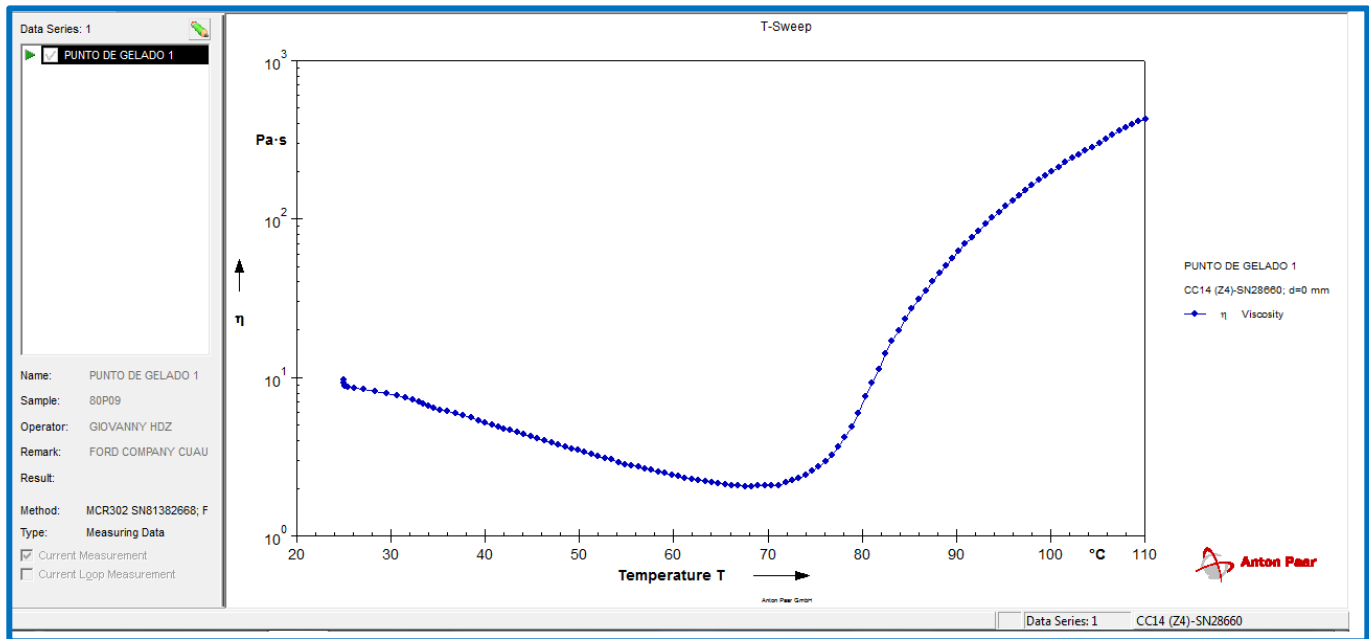


Curva de Flujo

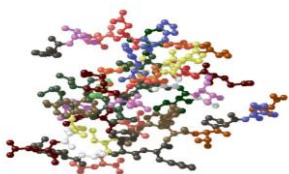




## Punto de Gelado.



**GRAFICA 7.5 Punto de gelado**



## ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

### ***Tabla 7.1.-Inspección de características relevantes.***

En esta tabla se mencionan los resultados obtenidos de las síntesis realizadas a nivel laboratorio, se subrayan las características más relevantes de este análisis, como se observa la fórmula óptima es la numero 12 obteniendo resultados dentro de especificación.

### ***Tabla 7.2.- Lista de materia prima.***

En la tabla se menciona la materia prima que conforma el sellador 80P09, lo cual fue lograda después de 12 síntesis en laboratorio.

### ***Tabla 7.3.- Reporte de inspección completa.***

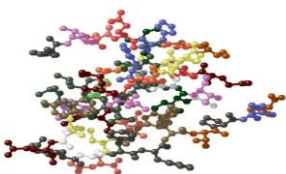
El reporte de inspección completa se refiere a la evaluación de todas las características que contempla la especificación WSS-4G359A, cabe mencionar que se subrayan resultados y pruebas que no son requeridas por Ford Cuautitlán.

### ***Gráfica 7.1.- Viscosidad Castor y Brookfield vs. Tiempo.***

Los 2 gráficos presentan resultados de viscosidad Castor y Brookfield del sellador 80P09 a diferentes temperaturas (23°C y 32°C) contra tiempo, y se observa un incremento paulatino previniendo así el buen comportamiento del material en el periodo de almacenaje.

## GRÁFICAS DE SIMULACIÓN DE PROCESO.

El análisis mostrado en las gráficas se realizó mediante un simulador Anton Paar.



### **Gráfica 7.3.- Simulación de proceso.**

La simulación de proceso analiza el comportamiento del material 80P09, bajo altas cargas y altos esfuerzos de corte, que se presentan en las bombas de aplicación y en las tuberías de sellado. La grafica se divide en 3 zonas:

- A) Estado estacionario (simula el comportamiento en almacenaje)
- B) Altos esfuerzos (simula la carga recibida del material en las bombas, tuberías y boquilla de aplicación).
- C) Estado estacionario (se refiere al comportamiento del material aplicado sobre la unidad).

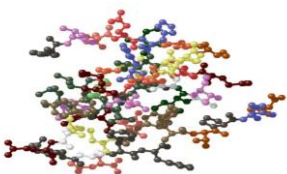
Como se observa en la gráfica el material presenta excelente recuperación ya que la sección C) iguala a la sección A), esto indica que el material después de someterlos a altos esfuerzos recupera sus propiedades en su totalidad.

### **Gráfica 7.4.- Curva de flujo**

En la curva de flujo se grafican datos de viscosidad relativa (A) y esfuerzo al corte (B), con un aumento de la velocidad de corte. En este gráfico se observa que la viscosidad del material decrece alcanzando valores bajos de viscosidad que aseguran la fluidez y buen comportamiento del material por las tuberías de aplicación.

### **Gráfica 7.5.- Punto de Gelado.**

La determinación del punto de gelado es muy importante en la simulación de aplicación en planta porque de esta forma se determina la temperatura en la cual el sellador presenta principios de cristalización obstruyendo así la fluidez del material, para el sellador 80P09 se observa que esta cristalización inicia a los 75°C, ya que es en este punto donde la pendiente de la gráfica de viscosidad aumenta (el equipo censa mayor resistencia del material a fluir).



#### **IV.- CONCLUSIÓN**

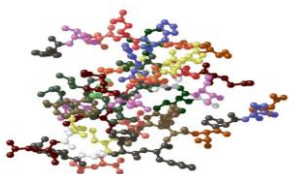
---

La degradación de los selladores durante su uso en ambientes extremos y hostiles es una realidad; por ello surge la necesidad de simular las condiciones para predecir su comportamiento, en base a las actividades realizadas y los resultados obtenidos en el reporte de inspección completa, el desarrollo y proceso de producción a diferentes niveles del sellador de juntas 80P09 fue bueno, se obtuvo un producto apto para su manufactura.

Se concluye con que se ha diseñado y puesto a punto el producto ya que cumple con la mayoría de los requisitos establecidos en el WSS-M4G359-A y además su calidad es uniforme, libre de materiales y propiedades extrañas que afectaran su deterioro en la línea de producción, dado por la buena evolución que presento durante su escalamiento.

El sellador de juntas resulto un producto atractivo y competitivo para Ford Company Cuautitlán no solo por su buena funcionalidad mostrada en la mayoría de pruebas, sino que además la selección de materia prima nacional hecha por EFTEC-PLACOSA genera una disminución del precio comparada con la del producto extranjero utilizado actualmente, otra ventaja que tendrá Ford es que sus almacenes se pueden ver reducidos por la alta frecuencia en la que se surtiría el material.

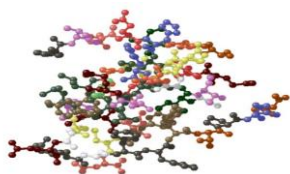
La complejidad que presentan en cuanto a estructura molecular materia prima utilizada en este tipo de materiales hace difícil su manipulación, es por eso que se trabaja con síntesis a prueba y error fortalecida por el conocimiento empírico de los ingenieros del producto y mayormente del jefe técnico. La recomendación entonces seria conocer más a fondo la materia prima para entender el comportamiento futuro de los productos y evitar así un número excesivo de ajustes y reformulaciones.



## V.- BIBLIOGRAFÍA

---

1. Tecnología de polímeros. Tema 1, Estructura y propiedades de los polímeros. Tema 2, tipos de plásticos, aditivación y mezclado.(M. Beltrán y A. Marcilla)
2. Estudio comparativo de la adición de cargas secuestrantes para evitar la migración de plastificante a la superficie de PVC ( Araujo Castro Víctor Hugo)
3. Los procesos de gelificación y descomposición de los plastisoles de PVC (Beltrán Rico María).
4. Configuración organizacional del sector automotriz en México ( Salvador Andrade)
5. Escalamiento industrial Fase crítica del proceso de innovación tecnológica. (Lic. Coronel Víctor).
6. Engineering material specification wss-m4g359-a
7. Ford laboratory test method (bv-15101, bv15307, 123-03, bv 12201, bi 10601, bv 15312, bv 13001, bv 11501,bv 15403)
8. Astm ( d-2834, d-816,d-93,d-2240,d-412)
9. Test (sae j1524 vis 2, sae j 2527,)
10. Cydsa, División Química, Manual de PVC, 15-19.
11. Ortega Víctor, Selladores de la Industria Automotriz, 3-11, 2007



## VI.- GLOSARIO

---

**ADITIVO:** Sustancia que se añade por razones de fabricación, presentación o conservación de un producto.

**AUSPICIOSO:** De buen auspicio o agüero, favorable.

**SÍNTESIS:** Proceso por el que se obtiene una sustancia a partir de la combinación de elementos químicos o de sustancias más simples.

**WSS- M4G359A:** especificación del material de ingeniería.

**MODULO DE YOUNG:** Relación entre la fatiga unitaria y la correspondiente deformación unitaria en un material sometido a un esfuerzo que está por debajo del límite de elasticidad del material. También llamado coeficiente de elasticidad, módulo de elasticidad, módulo elástico.

**FLUENCIA:** Deformación anormal que se produce en los cuerpos sólidos sometidos durante bastante tiempo a fuerzas permanentes.

**TENACIDAD:** Resistencia de un material a romperse o deformarse.

**FRAGILIDAD:** Propiedad que tienen ciertos cuerpos de romperse por el choque, la presión, etc., en vez de deformarse.

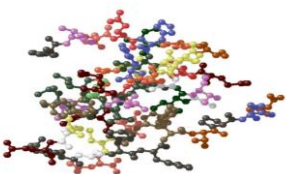
**TRACCIÓN:** Conjunto de fuerzas antagonistas que actúan axialmente sobre un cuerpo tendiendo a alargarlo.

**ELONGACIÓN:** En un movimiento periódico, distancia que en un instante dado hay entre la posición que ocupa el punto material que efectúa el movimiento y el centro de oscilación.

**MORDAZAS:** Instrumento formado por dos piezas que hacen de tenazas y que pueden cerrarse para sujetar algo entre ellas.

**VISCOELASTICIDAD:** es un tipo de comportamiento reológico anelástico que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman.

**PHR:** partes por 100 de resina.



**REOLOGÍA:** es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir.

**GELACIÓN:** proceso en el cual el sellador se solidifica.

**MANDRIL:** Pieza cilíndrica de la máquina en la que se asegura el objeto que se ha de tornearse.

**ABRASIVOS:** Sustancia usada para arrancar materia mediante raspado y bruñido.

