



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI



MASTER EN INGENIERÍA TEXTIL

TRABAJO FIN DE MASTER

**Estudio comparativo de productos laminados
textiles**

Francisco Sanjuán Gisbert

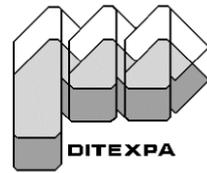
22 de Diciembre de 2008

Director: Pablo Monllor Pérez

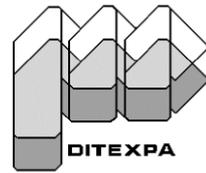


ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.	Estado del arte de las técnicas de aplicación.....	4
1.1.1	Laminación por extrusión de lámina plana	4
1.1.1.1	Extrusora.....	5
1.1.1.2	Tolva.....	5
1.1.1.3	Cilindro.....	6
1.1.1.4	Tornillo.....	7
1.1.1.5	Filtro.....	9
1.1.1.6	Cabezal de lámina plana.....	10
1.1.1.7	Chill-roll.....	10
1.1.1.8	Variables del proceso.....	11
1.1.2	Laminado con llama	11
1.1.3	Laminados con rasqueta	12
1.1.4	Laminados con hot melt en forma de polvo	13
1.1.5	Laminado con hot melt en forma de films adhesivos.	14
1.1.6	Laminado por pulverización de hot melt.	15
1.2	Estado del arte de los polímeros termoplásticos aplicados.....	18
1.2.1	Polietileno de baja densidad LDPE y alta densidad HDPE	18
1.2.2.	Copolímeros de etil-vinil-acetato (EVA)	28
1.2.3.	Hot melt	29
1.2.4.	Ionómero	32
2.	OBJETO DEL TRABAJO.....	35
3.	MATERIALES Y METODOS.....	35
3.1.	Descripción de los tejidos.....	35
3.2.	Descripción de los productos.....	37
3.2.1	Polietileno de baja densidad	37
3.2.2.	Polietileno de alta densidad	38
3.2.3.	Etilen vinil acetato EVA	39
3.2.4.	Ionómero	41
3.2.5.	Hot melt	42
3.3.	Metodología.....	42
4.	ENSAYO DE TRACCIÓN.....	48
5.	Resultados.....	49
5.1.	Resultados obtenidos para el sustrato de algodón sabana 115 500g/m2 de material (excepto hot melt 300 gr/m2).....	50
5.2.	Resultados obtenidos para el sustrato de algodón sabana 115 700g/m2 de material (excepto hot melt 500 gr/m2).....	51
5.3.	Resultados obtenidos para el sustrato de poliéster raso 145 500g/m2 de material (excepto hot melt 300 gr/m2).....	54
5.4.	Resultados obtenidos para el sustrato de poliéster raso 145 700g/m2 de material (excepto hot melt 500 gr/m2).....	55
5.5.	Gráficas comparativas.....	58
5.5.1.	Comparación para el sustrato de algodón <i>sabana 115</i> de la carga máxima soportada FH (N) y del trabajo total de fractura WH (Nmm) para los distintos gramajes testados.	58



5.5.2. Comparación para el sustrato de poliéster <i>raso 145</i> de la carga máxima soportada FH (N) y del trabajo total de fractura WH (Nmm) para los distintos gramajes testados.	62
6. CONCLUSIONES.....	65
7. BIBLIOGRAFIA.....	67



1. INTRODUCCIÓN

Laminación es la unión de un film polimérico, previamente preparado, con uno o más sustratos textiles usando adhesivos, calor y/o presión.

Si una tela se une a otra superficie textil mediante un adhesivo, el término usado es doblado (bonding).

Existen varios tipos de laminados:

- Laminados textil/espuma: material laminar de dos capas, obtenidas por unión de una lámina textil y una de espuma.
- Laminados textil/membrana: material laminar de dos capas, obtenidas por unión de una lámina textil y una membrana, film polimérico extremadamente fino (10 μ) que proporcionan repelencia al agua líquida y permeabilidad al vapor de agua.
- Laminados tipo sandwich: materiales planos de tres capas, las dos exteriores textiles, pegadas por una cara con una lámina intermedia de polímero termoplástico.

El presente trabajo trata sobre los laminados tipo sándwich obtenidos mediante la extrusión de poliolefinas con cabezal de lámina plana. Este sistema de producción se diferencia de los demás porque el material aplicado para la laminación, además de actuar como elemento adherente entre los sustratos textiles, aporta al laminado diferentes características mecánicas que dependen del polímero termoplástico empleado y del gramaje utilizado en la laminación.

1.1. *Estado del arte de las técnicas de aplicación*

1.1.1 Laminación por extrusión de lámina plana

El proceso de laminación por extrusión de lámina plana consiste básicamente en extruir un polímero y hacerlo pasar por un cabezal de lámina plana o T-Die, para depositar inmediatamente esta lámina entre los sustratos a laminar.

De esta forma se consiguen laminados con características mecánicas y físicas diferentes a los que se obtienen con otro tipo de procesos de laminación. Esto es así porque con el laminado por extrusión podemos elegir el polímero y el gramaje que se va a depositar.

Este proceso está indicado para laminados desde 90 g/m^2 hasta 1200 g/m^2 .

Para laminados con gramajes inferiores a 90 gr/m^2 no es aconsejable este sistema puesto que no se consiguen buenas adhesiones.

A continuación se procederá a describir las partes que componen una instalación de laminación por extrusión de lámina plana.

1.1.1.1 Extrusora

La *extrusión* es un proceso de compresión en el cual se fuerza al material a fluir a través del orificio de un cabezal para generar un producto largo y continuo, cuya forma esta definida por la forma de la sección transversal del orificio. Es un proceso de conformación para polímeros que se usa ampliamente con termoplásticos y elastómeros (rara vez con termoestables) para producir masivamente artículos como tubos, ductos, mangueras, perfiles estructurales (molduras de ventanas y puertas), láminas y películas, filamentos continuos, recubrimientos de alambres y cables eléctricos. Para este tipo de productos, la extrusión se lleva a cabo como un proceso continuo y se corta en las longitudes deseadas. Es una de las técnicas de transformación de poliolefinas más utilizadas mundialmente.

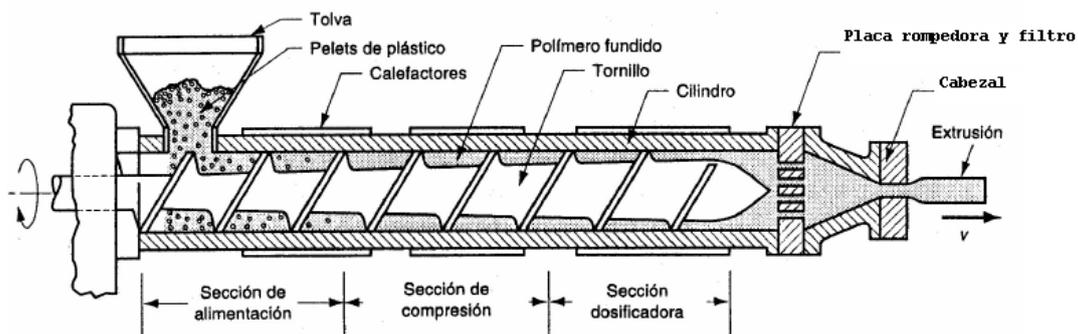


Figura 1 Extrusora

1.1.1.2 Tolva

En la extrusión de polímeros el material en forma de granza se suministra a una tolva por medio de un alimentador neumático. Sobre la tolva se disponen los dosificadores, volumétricos o gravimétricos según la precisión de dosificado que se requiera. Los dosificadores se encargan de aplicar el *masterbatch* encargado del color del polímero y de los aditivos (slip, retardantes a la llama, cargas, etc).

La tolva debe contar con un sistema de enfriamiento de la garganta: Con la mayor parte de los materiales poliméricos, y en especial las poliolefinas, es necesario mantener la temperatura de la zona de alimentación al tornillo, conocida como "garganta de alimentación", al menos a 50°C por debajo de la temperatura de fusión del polímero. Una temperatura muy baja en la zona de alimentación impide que la fusión de la resina produzca la adhesión de la misma a la superficie del tornillo; minimizando el flujo de material por arrastre, y

por lo tanto el caudal extruido. Generalmente, el uso de agua corriente permite mantener la temperatura de la garganta en los límites deseados ($T_m - 50^\circ\text{C}$); sin embargo, en ambientes calientes y con equipos de alto caudal de producción puede requerirse el uso de agua enfriada en torres o incluso, refrigerada.

1.1.1.3 Cilindro

El barril o exterior de la extrusora es un cilindro metálico que conforma, junto con el tornillo de extrusión, la cámara de fusión y bombeo de la extrusora. En pocas palabras es la carcasa que envuelve al tornillo.

En el diseño de todo cilindro de extrusión se busca:

- 1) Máxima durabilidad.
- 2) Alta transferencia de calor.
- 3) Mínimo cambio dimensional con la temperatura.

En la fabricación de cilindros de extrusión tales exigencias logran ser cubiertas utilizando materiales tales como: Xaloy 101 (para extrusoras de propósito general, procesamiento de PEAD y PEBD), Xaloy 800 (para el procesamiento de PELBD), ó Xaloy 306 (para productos corrosivos, como los copolímeros ácidos) (2).

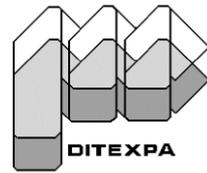
Los cilindros de extrusión que poseen una superficie interna con canales de formas específicas. Zonas acanaladas ubicadas en la etapa de alimentación de los cilindros de extrusión, suelen ser utilizadas para favorecer el procesamiento de resinas de bajo coeficiente de fricción (Ej.-PEAD y PP).



Sección transversal de las zonas de alimentación acanaladas.

Figura 2 Sección transversal cilindro

Existe un variado diseño de zonas de alimentación acanaladas; sin embargo, las de canales de sección cuadrado maximizan el volumen de material alimentado. Las zonas de alimentación acanaladas permiten controlar el coeficiente de fricción polímero-cilindro mediante la geometría; reduciendo la sensibilidad con respecto a la temperatura y las propiedades termodinámicas de las resinas. Por otro lado, las zonas de alimentación acanaladas permiten incrementar el volumen de la sección de alimentación, acelerando así la fusión; con lo que se logran importantes aumentos en el caudal de extrusión. Con mayores precauciones que con los extrusores tradicionales, las secciones de



alimentación acanaladas deben mantenerse refrigeradas y aisladas del cilindro de extrusión; para favorecer el desplazamiento axial del polímero.

En los cilindros con zonas de alimentación lisas (convencionales) las etapas de dispersión y mezclado del tornillo se encuentran localizadas en la zona de dosificación (última sección del tornillo); lo cual frecuentemente genera merma en la producción. En cilindros acanalados los mejores resultados se han obtenido ubicando las etapas de mezclado a dos tercios ($2L/3$) de la longitud del tornillo. Esta ubicación promueve la dispersión de aglomerados y la finalización de la fusión.

Sistema de calentamiento del cilindro: El calentamiento del cilindro se produce, casi exclusivamente, mediante resistencias eléctricas.

El sistema de calentamiento de la extrusora es responsable de suministrar entre un 20-30% del calor necesario para fundir la resina. Para suministrar el calor requerido, el calentamiento suele ser de 38750 a 77500 W/m²).

Sistema de enfriamiento del cilindro: Aunque pueda lucir contradictorio, cada zona de calentamiento del tornillo de la extrusora está acompañada, en la mayor parte de los equipos comerciales, de un ventilador el cual permite el control de la temperatura eliminando calor de la extrusora mediante el flujo de aire sobre la superficie requerida. Los ventiladores son accionados por controladores de temperatura que comandan la operación de los calefactores eléctricos.

Los ventiladores entran en operación cuando la temperatura de una zona supera el punto prefijado, por efecto de:

- a.- La transferencia excesiva de calor por parte de la resistencia (Ej.- Durante el arranque de la máquina).
- b.- La generación excesiva de calor por parte de los elementos de mezclado presentes en el tornillo de la extrusora.

La temperatura de extrusión sólo puede ser controlada de manera precisa mediante la acción combinada de las bandas de calentamiento eléctrico y los ventiladores de cada zona.

1.1.1.4 Tornillo

El tornillo tiene varias funciones y se divide en secciones que corresponden a cada función. Las secciones y las funciones son:

- 1) *Sección de alimentación*, en la cual el material se mueve desde la puerta de la tolva y se precalienta
- 2) *sección de compresión*; donde el polímero adquiere una consistencia líquida, el aire atrapado entre la granza se extrae de la fusión y el material se comprime
- 3) *sección dosificadora*; en la cual se homogeneiza la fusión y se desarrolla suficiente presión para bombearla a través del orificio del cabezal.

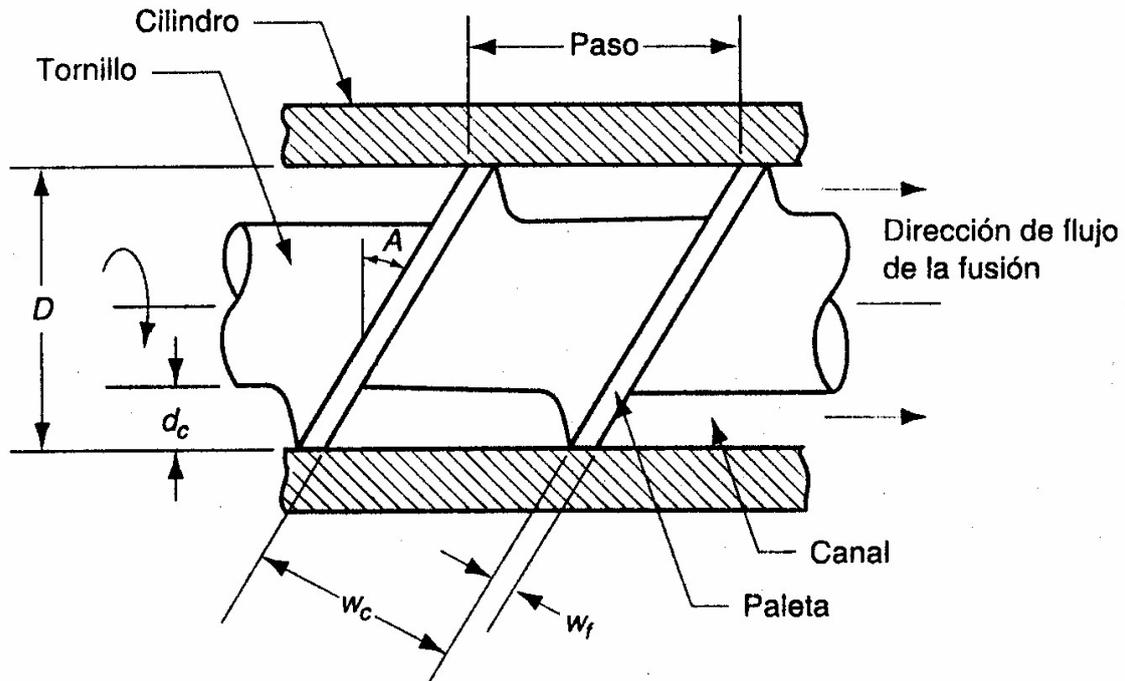


Figura 3 Detalles de un tornillo extrusor dentro del cilindro.

La operación del tornillo está determinada por su geometría y su velocidad de rotación. La geometría típica de un tornillo extrusor se describe en la figura ".....". El tornillo consiste en paletas o espas espirales (roscas) con canales entre ellas, que conducen el polímero fundido. El canal tiene un ancho W_f y una profundidad d_c . Al girar el tornillo, las paletas empujan el material hacia adelante a través del canal desde la tolva hasta el dado. Aunque no se aprecia en el diagrama, el diámetro de la paleta es más pequeño que el del cilindro D con un pequeño claro de aproximadamente 0.05 mm. La función de este claro es limitar la fuga de la fusión hacia atrás, a través del canal conductor. La pared de la paleta tiene un ancho W_f , y está hecha de acero endurecido para resistir el desgaste al girar y al rozar contra el interior del cilindro. El tornillo tiene un paso, cuyo valor es generalmente cercano al diámetro D . El ángulo de la paleta A es el ángulo de la hélice del tornillo y puede determinarse mediante la relación:

$$\tan A = \frac{\text{paso}}{\pi D}$$

El incremento de presión que se aplica al polímero fundido en las tres secciones del cilindro se determina en gran parte por la profundidad del canal d_c . En la figura 2.30, d_c es relativamente grande en la sección de alimentación para permitir la admisión de grandes cantidades de polímero granular en el cilindro. En la sección de compresión, d_c se reduce gradualmente, aplicando así presión creciente en el polímero al ser fundido. En

la sección dosificadora, dc es pequeño y la presión alcanza un máximo al restringirse el flujo por el empaque de la pantalla y la placa de sostén. En la figura 1, las tres secciones del tornillo se muestran iguales en longitud; esto es apropiado para un polímero que funde gradualmente como el polietileno de baja densidad PEBD (en inglés LDPE). Para otros polímeros, las longitudes óptimas de las secciones son diferentes. Para polímeros cristalinos como el nylon, la fusión ocurre más bien abruptamente en un punto específico de fusión, en consecuencia es apropiada una sección corta de compresión. Los polímeros amorfos como el cloruro de polivinilo funden más lentamente que el LDPE, y la zona de compresión para estos materiales debe tomar casi la longitud entera del tornillo. Aunque el diseño óptimo del tornillo para cada tipo de material es diferente, es una práctica común usar tornillos de propósito general. Estos diseños representan un compromiso entre los diferentes materiales y se evita la necesidad de hacer frecuentes cambios de tornillo, asociados con los paros del equipo.

El avance de los polímeros a lo largo del cilindro conduce finalmente a la zona del cabezal. Antes de alcanzar el cabezal, la fusión pasa a través

Lo que hemos descrito hasta aquí es una máquina convencional de extrusión de tornillo *simple*. Es necesario mencionar los *extrusores de tornillo doble* porque estos ocupan un lugar importante en la industria. En estas máquinas, los tornillos son paralelos dentro del cilindro. Los extrusores de tornillos gemelos parecen especialmente adaptados para el PVC rígido, un polímero difícil de extruir normalmente y para materiales que requieren un mayor mezclado.

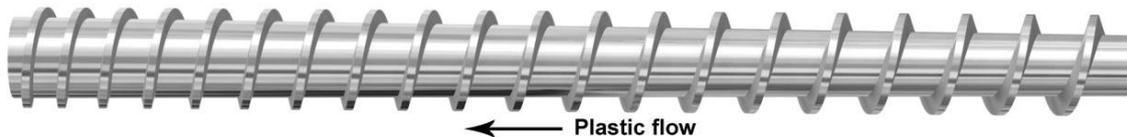


Figura 4 Tornillo

1.1.1.5 Filtro

El filtro es una malla la cual es una serie de cribas de alambre soportadas por un plato rígido (llamado plato rompedor) que contiene pequeños agujeros axiales. La malla funciona para:

- 1) Filtrar contaminantes y terrones duros de la fusión
- 2) Acumular presión en la sección dosificadora
- 3) Enderezar el flujo del polímero fundido y borrar su memoria del movimiento circular impuesto por el tornillo. Esta última función se relaciona con la propiedad viscoelástica del polímero; si el flujo no fuera enderezado hacia la izquierda, el polímero podría recuperar sus giros dentro de la cámara de extrusión, tendiendo a crecer y a distorsionar la extrusión.



Figura 5 Filtro

1.1.1.6 Cabezal de lámina plana

El flujo de plástico fundido se distribuye uniformemente a lo ancho del cabezal para obtener a la salida del mismo la lámina plana. Con el fin de que la lámina tenga un espesor constante al ancho, se divide el cabezal por zonas de forma que cada una de ellas tenga la temperatura controlada. Existen cabezales con el labio de apertura con apertura variable y motorizada que garantizan una máxima precisión en el espesor de la lámina.



Figura 6 Cabezal

1.1.1.7 Chill-roll

El chill-roll esta formado por un cilindro motorizado de grandes dimensiones (400 – 700 mm) refrigerado por agua. Una enfriadora se encarga de mantener el agua a la temperatura ajustada pudiendo variar esta según el proceso de 3 a 30 °C. Este cilindro es el responsable de solidificar la lámina de polímero

fundido. La adhesión de la lámina a los sustratos es posible gracias al cilindro de presión (nip roll). Este cilindro presiona sobre el chil-roll y también está refrigerado. Los sustratos textiles forman un sándwich con la lámina de plástico fundido al pasar entre el cilindro de presión y el chill-roll.

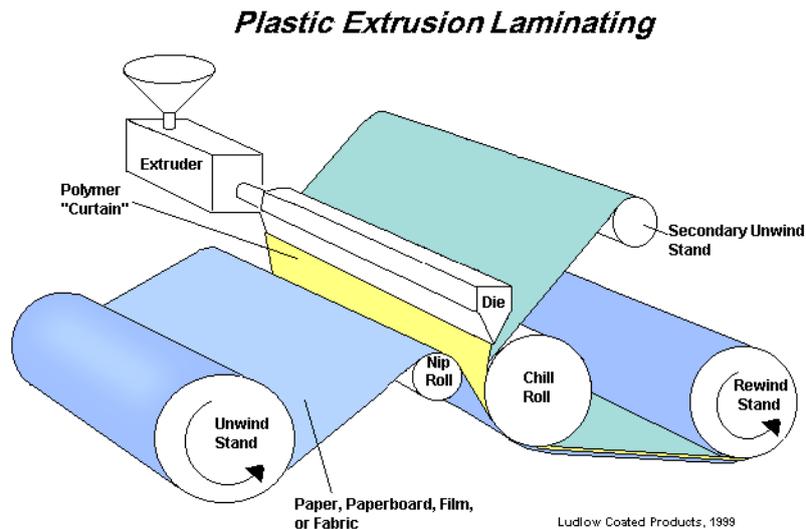


Figura 7 Chill roll

1.1.1.8 Variables del proceso

Las características del laminado dependerán de las siguientes variables:

- Polímero de laminado
- Velocidad de giro de la extrusora (rpm)
- Temperatura del cilindro de la extrusora (°C)
- Estado del filtro
- Temperatura del cabezal de lámina plana (°C)
- Temperatura del agua de enfriamiento de chill-roll (°C)
- Presión de cilindro de presión (nip Roll) (kg/m²)
- Velocidad del chill-roll (m/min)

1.1.2 Laminado con llama

El laminado con llama de espumas termoplásticas se emplea mucho, por ejemplo para tapicerías de coche. La espuma se funde por calentamiento de

una de sus caras. La espuma tiene un espesor claramente reconocible de 0'5 mm.

- Ventajas: Técnica experimentada y probada, buena adhesión, alta velocidad de trabajo, resistencia a altas temperaturas y posibilidad de acoplar tres capas en una sola pasada.
- Inconvenientes: Sanidad y seguridad, formación de gases tóxicos, depuración humos con carbones activos, productos no reciclables, no utilizable para telas no tejidas, ni tejidos acolchados y abiertos.
- Coste: Bajo a moderado.

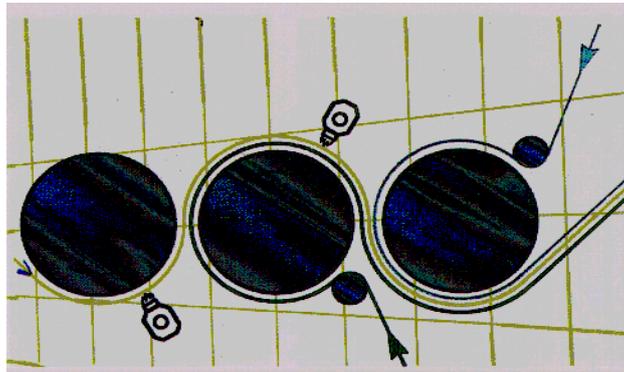


Figura 8 laminado tipo sandwich

1.1.3 Laminados con rasqueta

Aplicación a uno de los sustratos de un adhesivo en forma de pasta por medio de una rasqueta calibrada para su pegado posterior a un segundo sustrato por medio de unos cilindros de presión. El secado de la pasta se realiza en un rame de pequeñas dimensiones.

Pasta adhesiva en medio acuoso (solución o dispersión acuosa)

- Ventajas: No inflamable, seguro, fácil limpieza y fácil almacenado.
- Inconvenientes: Energía de secado, proceso lento, bajo contenido sólidos y duración limitada
- Coste: Bajo a moderado

Pasta adhesiva en medio disolvente (solución en disolvente)

- Ventajas: Secado rápido, buena resistencia agua y fácil humectación del sustrato.

- Inconvenientes: Humos legislación por necesidad de extracción de COV's y almacenado con riesgo de incendios.
- Coste: Moderado a caro.

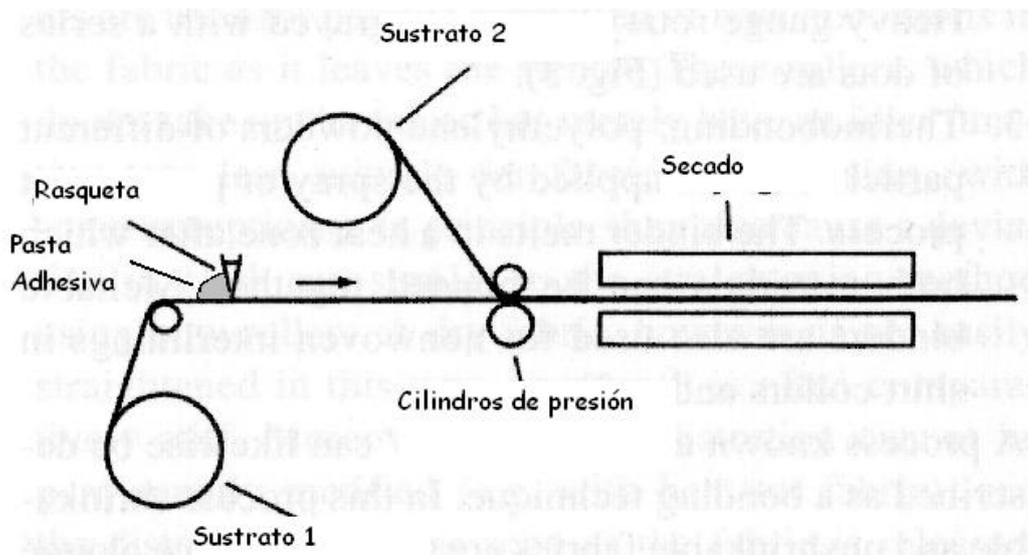


Figura 9 Laminado con rasqueta

1.1.4 Laminados con hot melt en forma de polvo

El hot melt en forma de polvo se almacena en una tolva que esta en contacto con una calandra que dispone de un huecograbado, de forma que la cantidad necesaria de adhesivo es transferida de esta calandra al sustrato. Posteriormente el adhesivo será activado al pasar por un túnel de calentamiento y así se producirá el adhesivado con el segundo sustrato.

- Ventajas: Resultado satisfactorio desde el punto de vista técnico y comercial, util para amplia gama de productos, no es necesario depurar humos.
- Inconvenientes: Limitada velocidad proceso. Alto consumo energía eléctrica.

Sistema Meyer Flatbed

- Los sustratos a laminar, se calientan entre dos cintas sinfín teflonadas.

- Los sustratos planos se calientan, para fundir el adhesivo, en las zonas de infrarrojos y se presan con pares de rodillos.

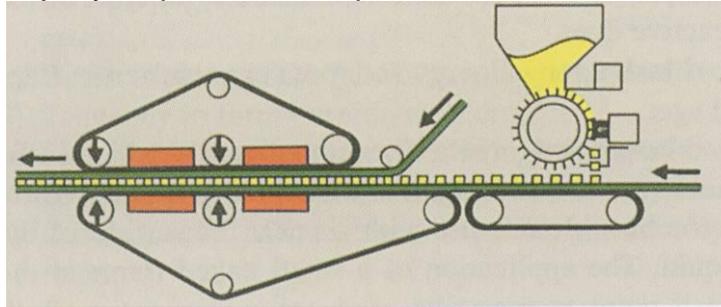


Figura 10 Sistema Meyer Flatbed

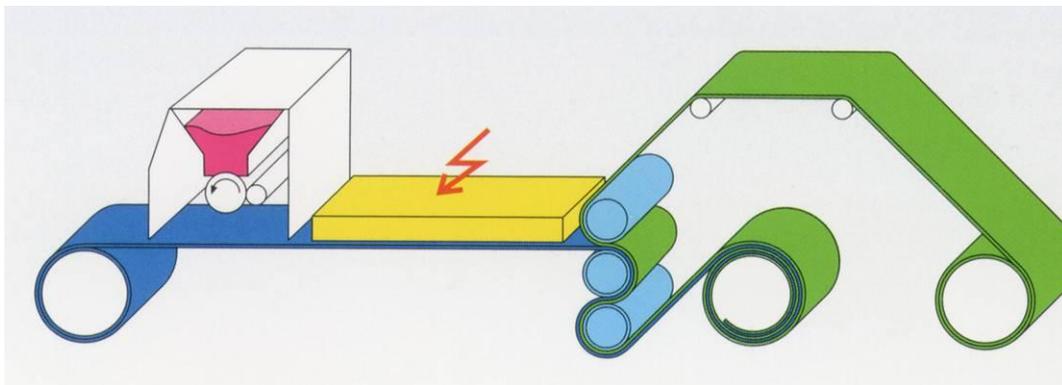


Figura 11 Sistema Schaeti

1.1.5 Laminado con hot melt en forma de films adhesivos.

Este sistema permite el pegado de dos sustratos por medio de una lamina adhesiva de hot melt que se sitúa ente los mismos. Un aspecto importante a tener en cuenta es que la activación de la lámina se realiza en el interior de una calandra que tiene ajustada la velocidad de paso dependiendo de la lámina que se esté utilizando en ese momento.

- Ventajas: No contaminan, peso constante del film.
- Inconvenientes: Gramajes y anchos fijos de los films, baja velocidad de proceso, alto coste por m2, dispositivos especiales de tratamiento
- Coste: Moderado.

Sistema Stork

1. Cilindro calefactor con teflon
2. Rodillos de presión

3. Cinta sinfín siliconada
4. Sustrato
5. Film termoplástico
6. Laminado
7. Cintas teflonadas
13. Zona de enfriamiento
14. Zona de calentamiento

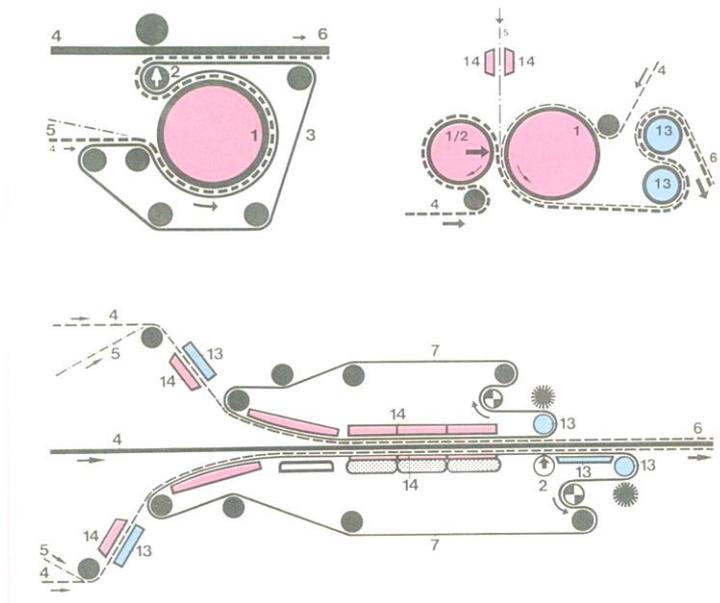


Figura 12 Laminado sistema Stork

1.1.6 Laminado por pulverización de hot melt.

Proceso de aplicación

- Se calienta una cola de poliuretano reactiva. Luego se bombea la cola fundida hacia varias toberas de diseño especial, que van rociando una fina niebla de cola. Este proceso de automatización es sumamente importante. Como resultado se obtiene una neblina de gotas sumamente finas (partículas) de cola, que son depositadas en el sustrato.
- El sistema de pulverización hot melt distribuye la cola uniformemente sobre el sustrato. La técnica está desarrollada hasta tal grado, que cantidades mínimas de la cola, hasta de 1, 5 g/m² pueden ser distribuidas uniformemente.

Gracias a esta distribución igual de una cantidad extremadamente pequeña de cola, no quedan afectadas las propiedades estructurales de los sustratos.



- Después de aplicada la cola hot melt, se presionan los dos materiales durante breve tiempo uno contra otro en contacto lineal. La cola luego se va endureciendo por el efecto de la humedad en el aire, con lo cual ligará los dos substratos. Es un proceso irreversible, lo cual implica que el producto laminado no será deslaminado a altas temperaturas. Además, es resistente a detergentes químicos.

Ventajas de esta técnica

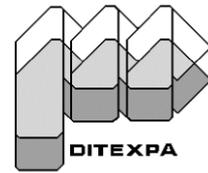
Esta técnica de laminación tiene muchas ventajas en comparación con otras técnicas de laminación:

- Puesto que la técnica no hace uso en absoluto de solventes, no se producen humos tóxicos. Gracias a esto, hot melt es una técnica muy inofensiva al medio ambiente.
- En esta técnica se calienta químicamente la cola, por lo que los substratos se tratan a la temperatura ambiente. Por consiguiente es bajo el consumo de energía.
- Al no calentarse los substratos, este proceso es indicado para materiales livianos y sensibles a los efectos de la temperatura
- Los materiales se transportan prácticamente sin tensiones a través de la máquina. Gracias a esto pueden ser procesados fácilmente substratos mecánicamente débiles tales como, particularmente, los no-tejidos.
- Puesto que la tecnología de pulverización es un proceso sin contacto, permite elaborar también materiales sensibles a efectos de temperatura, como películas/diafragmas, guatas, no-tejidos, etc.
- La capa de cola aplicada no está cerrada, sino que está compuesta de numerosos puntos de cola. Gracias a esta capa de puntos abierta, el reducido depósito de cola y la flexibilidad de la conexión de cola, el producto mantiene su tacto blando.
- La cola reactiva de poliuretano hot melt posee propiedades excelentes, que son de grado superior comparadas con las colas convencionales (de reactivación) hot melt, al ser aplicadas cantidades idénticas; éstas propiedades incluyen la fuerza de adherencia, elasticidad, resistencia térmica, resistencia química, limpieza en seco, solidez al lavado, etc. Son éstas algunas ventajas de la técnica misma.

Aplicaciones

De entre las muchas posibilidades de aplicación, a continuación daremos una descripción más extensa de las tres siguientes:

- En la industria automovilística, las tapicerías de asientos y paneles interiores de coches casi siempre son producidos por laminación. Usualmente, es aplicada una capa de goma esponjosa al textil, lo cual se suele hacer por medio de la técnica de laminación con llama. En esta



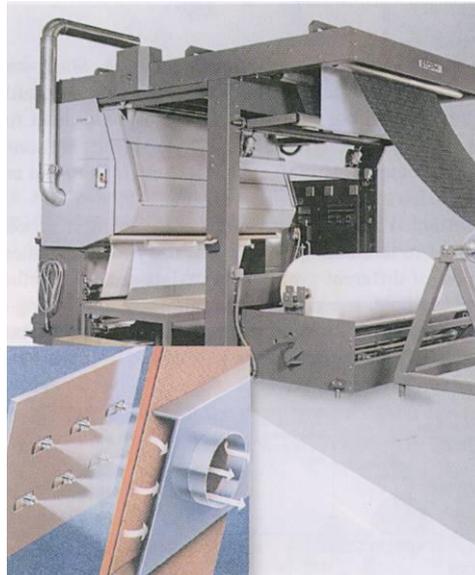
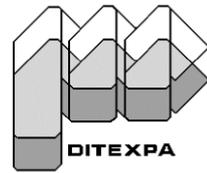
técnica se ablanda la goma esponjosa por medio de una llama a gas, después de lo cual es presionada aquella contra el material textil.

Puesto que este proceso siempre hace uso, en grado mayor o menor, de llama, se producen vapores altamente tóxicos. Por esta razón muchos países prohíben, o están pensando en prohibir, el uso de esta técnica. El caso es que, no sólo la técnica es muy contaminante, sino también el hecho que la goma esponjosa usada no puede ser reciclada.

A causa de estos motivos se están investigando procesos en que la goma esponjosa es sustituida por un no-tejido.

Hot melt es en este sentido una técnica de sustitución muy inofensiva al medio ambiente, sobre todo cuando se combina con el uso de un material no- tejido. Se mantiene intacta la permeabilidad al aire y se obtiene una fuerza de cohesión muy buena.

- Una segunda aplicación se refiere a la laminación de material no-tejido de filtraje.
Para los materiales de filtraje es sumamente importante, que no sea afectada la permeabilidad al aire. Pues al no dejar pasar el aire, el filtro ya no sería filtro.
Se desarrollaron técnicas para aplicar a un soporte no-tejido una capa con un patrón uniformemente distribuido de agujeros exactamente definidas. Como resultado de ello, los agentes contaminantes no pueden penetrar muy profundamente en el filtro. La técnica hot melt es la técnica ideal para aplicar esta clase de capas finales, puesto que no afecta a las propiedades del material y deja pasar el aire debidamente.
- La tercera aplicación de la laminación son las películas transpirables, que son usadas principalmente para entretelas, en telas de moda, trajes deportivos y de tiempo libre así como ropa protectora.
Al aplicarse sin ningún contacto una pequeña cantidad de cola, el material de las películas no se somete a fuerzas mecánicas o térmicas, por lo cual mantiene la propiedad de respiración activa que muchas veces es indispensable en ropas de vestir.



1.2 Estado del arte de los polímeros termoplásticos aplicados

1.2.1 Polietileno de baja densidad LDPE y alta densidad HDPE

El polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados.

Por la polimerización de etileno pueden obtenerse productos con propiedades físicas muy variadas. Estos productos tienen en común la estructura química fundamental $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$, y en general tienen propiedades químicas de un alcano de peso molecular elevado. Este tipo de polímero se creó para usarlo como aislamiento eléctrico, pero después ha encontrado muchas aplicaciones en otros campos, especialmente como película y para envases.

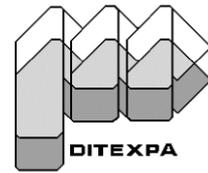


Etileno
(Monómero)

Polietileno
(Polímero)

En general hay dos tipos de polietileno:

- De baja densidad (LDPE)
- De alta densidad (HDPE).



El de baja densidad tiene una estructura de cadena enramada, mientras que el polietileno de alta densidad tiene esencialmente una estructura de cadena recta.

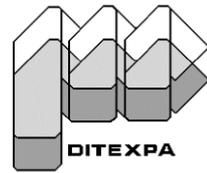
El polietileno de baja densidad fue producido comercialmente por primera vez en el Reino Unido en 1939 mediante reactores autoclave (o tubular) necesitando presiones de 14.500 psi (100 MPa) y una temperatura de unos 300 °C. El polietileno de alta densidad fue producido comercialmente por primera vez en 1956-1959 mediante el proceso de Philips y Ziegler utilizando un catalizador especial. En estos procesos la presión y temperatura para la reacción de conversión del etileno en polietileno fueron considerablemente más bajas. Por ejemplo, el proceso Philips opera de 100 a 150 °C y 290 a 580 psi (2 a 4 MPa) de presión.

Sobre 1976 se desarrolló un nuevo proceso simplificado a baja presión para la producción de polietileno, el cual utiliza una presión de 100 a 300 psi (0,7 a 2 MPa) y una temperatura de unos 100 °C. El polietileno producido puede describirse como un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y tiene una estructura de cadena lineal con ramificaciones laterales cortas, inclinadas.

Estructura química

El análisis del polietileno (C, 85.7%; H, 14.3%) corresponde a la fórmula empírica $(CH_2)_n$, resultante de la polimerización por adición del etileno. La estructura de un polietileno típico difiere de la de un alcano de cadena recta en que es de cadena ramificada y contiene grupos olefínicos de tres tipos (por lo menos). Puede contener también otros grupos químicos derivados del catalizador usado en su fabricación o de impurezas en el etileno, pero éstas representan generalmente mucho menos de 0.1% en peso del polímero. La condición ramificada de la cadena del polímero influye profundamente en las propiedades físicas tanto del polietileno sólido como del polietileno fundido. En consecuencia, las propiedades físicas que se indican más adelante se refieren no sólo a un intervalo de pesos moleculares, sino también a cierto tipo de polímeros de cadena ramificada. Variando las condiciones en que se realiza la polimerización, es posible variar el grado de ramificación entre límites amplios y producir gran número de tipos de polímeros. Como en la mayoría de los polímeros, una muestra normal tiene una distribución amplia de pesos moleculares, y el fraccionamiento del polietileno indica que una muestra de un peso molecular medio numérico de 15000 contiene material de peso molecular inferior a 1000 y también superior a 80000. Por otra parte, el examen infrarrojo de fracciones del polietileno normal muestra que el número de ligaduras dobles por molécula es aproximadamente el mismo para fracciones de peso molecular elevado y de peso molecular bajo y que la frecuencia de las cadenas laterales a lo largo de la molécula es independiente del peso molecular de la fracción.

Estructura física del sólido



El carácter más importante de la estructura física del polietileno es la cristalinidad parcial del sólido (2,5). Un polietileno no ramificado es casi completamente cristalino y tiene un punto de fusión relativamente neto. Un polietileno tiene una estructura parcialmente cristalina, parcialmente amorfa, y muestra un cambio gradual, a medida que aumenta la temperatura, hasta el estado completamente amorfo fundido. El grado de cristalinidad a temperaturas ordinarias se determina fácilmente por una medida del peso específico, y es aproximadamente 60% para un polietileno normal. Puede hacerse muestras más o menos cristalinas, y esta variación es debida a la variación en el grado de ramificación de la cadena.

Ramificación de la cadena y cristalinidad

Ramificación (CH ₃ por 100 CH ₂)	Densidad a 20 °C	Cristalinidad (%)
0 (polimetileno)	0.99	95
1	0.96	80
2	0.94	72
3	0.92	60
4	0.91	55

De la observación de la tabla anterior se deduce que al aumentar la ramificación de la cadena, disminuye la densidad del polietileno y su grado de cristalinidad.

Varias propiedades son directamente afectadas por la cristalinidad y, en consecuencia por el grado de ramificación. Son ejemplo la dureza, el punto de reblandecimiento y el punto de cedencia por la tracción.

Otras propiedades, como la resistencia a la tracción, la flexibilidad a temperaturas bajas y la resistencia al choque, son principalmente funciones del peso molecular medio.

El gran número de tipos de polietileno es una consecuencia de la extensa variación en el peso molecular y en el grado de ramificación, y por consiguiente en la cristalinidad, propiedades que varían según las condiciones de polimerización.

Los estudios del modo de cristalización del polietileno desde su estado fundido muestran que la cristalización empieza en puntos distribuidos al azar en la masa del material y prosiguen radialmente hacia afuera con una rapidez que depende de la temperatura a la cual se produce la cristalización.

Relación entre la estructura y las propiedades del polietileno



Tres propiedades moleculares básicas: densidad, peso molecular promedio y distribución del peso molecular son las que afectan a la mayoría de las propiedades esenciales en el uso de polietileno para obtener productos de buena calidad. Pequeñas variaciones en la estructura molecular pueden mejorar o afectar algunas de estas propiedades considerablemente. Las propiedades eléctricas de las resinas de polietileno, por otra parte, son poco afectadas por estos tres factores moleculares básicos (ya que la composición química de los diversos polietilenos es idéntica; esto es, $(CH_2)_n$).

Efectos producidos por variaciones en la densidad

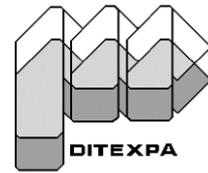
Una clasificación general basada en tres clases distintas de densidad es ahora generalmente aceptada en la industria.

Baja densidad	0,910 a 0,925 gr/cm ³
Mediana densidad	0,926 a 0,940 gr/cm ³
Alta densidad	0,941 a 0,965 gr/cm ³

Los polietilenos más densos son lógicamente más pesados, pero aún los artículos fabricados con los polietilenos de alta densidad flotarán en agua. Esta es una ventaja para el moldeador pues le permitirá obtener más volumen por cada kilogramo de polietileno que usando cualquier otro plástico.

Propiedades

Densidad	0,915-0,918	0,924	0,929-0,938
Punto de ablandamiento		más elevado	máximo
Resist. al estiramiento		más elevada	máxima
Resist. a la tracción	máxima	más elevada	
Elongación en rotura	máxima	más elevada	
Rigidez		más elevada	máxima
Resist. a la contracción	máxima	más elevada	
Resist. a la deformación	máxima	más elevada	
Resist. al impacto	máxima	más elevada	
Resist. a la desgarradura		máxima	máxima
Resist. a la fragilidad a bajas temperaturas	máxima	más elevada	
Resist. al cuarteo bajo tensiones ambientales	máxima	más elevada	
Impermeabilidad a gases y líquidos		más elevada	máxima



Resist. a la absorción de grasas y aceites	más elevada	máxima
Transparencia	más elevada	máxima
Ausencia de opacidad	más elevada	máxima
Brillo	más elevado	máximo
Tiraje	más elevado	máximo
Resist. a la desgarradura en caliente	más elevada	máxima
Resist. al pegado entre sí y al molde	más elevada	máxima
Ciclo de inyección	menor	más corto

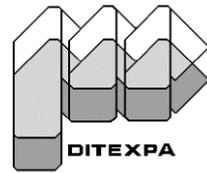
Efectos producidos por variaciones en el peso molecular promedio

Cada resina de polietileno consiste en una mezcla de cadenas cortas y largas, esto es moléculas de alto y bajo peso molecular. El promedio de estos pesos moleculares es la segunda propiedad molecular básica. Dentro de ciertas limitaciones el peso molecular promedio es inversamente proporcional al índice de fusión, es decir si el peso molecular promedio aumenta, el índice de fusión disminuye y viceversa.

El **índice de fusión** describe la fluencia de una resina de polietileno a una determinada temperatura (190 °C) y a una determinada presión. Si el índice de fusión de una resina es bajo, su viscosidad es elevada y viceversa, siendo **viscosidad de fusión** la resistencia de la resina fundida a fluir durante la formación de película, tubería o recipientes. Por lo tanto, las resinas de mayor índice de fusión fluyen más fácilmente en el estado de fusión que aquellas con menor índice. La fluencia del polietileno fundido es afectada por condiciones de procesado tales como presión, temperatura, y estas condiciones pueden variar extensamente. El índice de fusión debe ser utilizado juntamente con otras normas para describir la fluencia y otras propiedades de las resinas. En lugar del índice de fusión, los moldeadores por inyección se refieren a resinas de PE de mediana, alta o muy alta fluencia. Los moldeadores por extrusión se referirán a polímeros de baja, mediana o alta velocidad de extrusión.

Generalmente las resinas de polietileno más indicadas para aplicaciones tales como extrusión de película, y soplado de botellas deben tener un peso molecular promedio un tanto mayor que aquellas resinas indicadas para otras aplicaciones, tales como moldeo por inyección.

Efectos producidos por variaciones en la distribución del peso molecular



La distribución del peso molecular da una idea general sobre la proporción de las cadenas moleculares grandes, medianas o pequeñas de la resina. La distribución del peso molecular se considera *estrecha* si la resina está formada por cadenas de un largo cercano al promedio, y se considera *amplia* si la resina está formada por cadenas de longitud muy variada.

Las resinas de PE con una distribución del peso molecular estrecha son superiores en algunas propiedades esenciales, mientras que aquellas con una amplia distribución son mejores con respecto a otras propiedades.

Efecto producido por las tres propiedades moleculares básicas

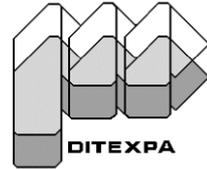
PROPIEDADES MOLECULARES BÁSICAS

PROPIEDADES FÍSICAS	Si se aumenta la densidad (Cristalinidad) entre 0,915 y 0,938)	Si se aumenta el peso molecular promedio o se disminuye el índice de Fusión	Si se hace más estrecha la distribución del peso Molecular
Viscosidad de la masa fundida	más elevada	más elevada	ligeramente mayor
Punto de ablandamiento	mucho mayor	ligeramente mayor	ligeramente mayor
Resist. al estiramiento	mucho mayor	ligeramente mayor	...
Resist. a la tracción en rotura	ligeramente menor	más elevada	ligeramente mayor
Elongación en rotura	menor	más elevada	...
Resist. al escurrimiento	más elevada	Ligeramente mayor	más elevada
Rigidez a la flexión	mucho mayor	ligeramente mayor	...
Flexibilidad	menor
Dureza	mucho mayor	ligeramente mayor	...



Resistencia a la abrasión	más elevada	ligeramente mayor	...
Contracción	más elevada	más elevada	...
Deformación	ligeramente mayor	más elevada	más elevada
Resist. al impacto (Tenacidad)	menor	más elevada	...
Resist. a la fragilidad	menor	ligeramente mayor	ligeramente mayor
Resist. a la desgarradura	depende del proceso de fabricación de la película y dirección de la rotura.		
Resist. a la fragilidad a bajas temperaturas	menor	más elevada	más elevada
Resist. al cuarteo bajo tensión ambiental	menor	más elevada	ligeramente mayor
Impermeabilidad a la absorción de grasas y aceites.	mucho mayor	ligeramente mayor	...
Transparencia	más elevada	menor	...
Ausencia de opacidad	más elevada	menor	...
Brillo	más elevada	menor	...
Tiraje	ligeramente mayor	mucho menor	menor
Resist. al pegado entre sí y al molde	más elevada	ligeramente mayor	...
Propiedades eléctricas.	ligeramente mayor	no afecta	no afecta

Las relaciones entre estas tres propiedades moleculares básicas y otras propiedades físicas del PE no siempre son sencillas y claras. Otras características estructurales aparte de las tres nombradas, ejercen con frecuencia su influencia sobre las propiedades físicas de la resina. Las condiciones de operación pueden alterar la orientación (alineamiento) de las moléculas y por lo tanto afectar las propiedades de dicha resina.



- Con un incremento en la densidad se mejoran propiedades tan importantes como el punto de ablandamiento, impermeabilidad a gases y líquidos, claridad de la película (transparencia y ausencia de opacidad) y brillo, pero con perjuicio de la flexibilidad y tenacidad.
- Un aumento en el peso molecular promedio puede hacer a la resina más apropiada para usos en que se requiera mayor tenacidad. Un artículo fabricado con una resina de polietileno de mayor peso molecular promedio, tendrá mayor resistencia al cuarteo bajo tensión ambiental, o sea a cuartearse cuando es sometido a esfuerzos en presencia de líquidos tales como detergentes, aceites o solventes. Dado que la viscosidad (la propiedad de fluir más lentamente en estado de fusión) aumenta con el peso molecular, las resinas de PE de más alto peso molecular son más difíciles de extruir y , por lo tanto, requieren temperaturas más elevadas. Por otra parte, las resinas de PE de menor peso molecular se utilizan para aplicaciones tales como moldeo por inyección a menores temperaturas y ciclos más cortos.
- Las resinas de PE tienen una estrecha distribución del peso molecular son particularmente resistentes al cuarteo bajo tensión ambiental y a la fragilidad a bajas temperaturas.

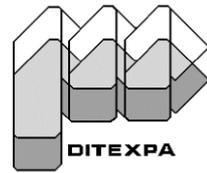
Debido a que un número muy variado de resinas pueden ser producidas controlando las tres propiedades moleculares básicas mencionadas, el productor puede determinar la resina y las propiedades del producto terminado.

Usos y aplicaciones del polietileno

El polietileno ha encontrado amplia aceptación en virtud de su buena resistencia química, falta de olor, no toxicidad, poca permeabilidad para el vapor de agua, excelentes propiedades eléctricas y ligereza de peso. Se emplea en tuberías, fibras, películas, aislamiento eléctrico, revestimientos, envases, utensilios caseros, aparatos quirúrgicos, juguetes y artículos de fantasía.

Las primeras aplicaciones del polietileno se basaron en sus excelentes propiedades eléctricas, y hasta el año 1945 su uso como aislante en los cables submarinos y otras formas de recubrimiento de conductores absorbió la mayor parte del material fabricado. Recientemente, han adquirido mayor importancia los usos que se basan en su inercia y su resistencia al agua, y hoy se usa el polietileno en grado cada vez mayor para hacer botellas y otros envases, tuberías para agua y película para envolver, usos que consumen más de la mitad del polietileno producido. A continuación se estudian con más detalles algunos de los usos más importantes.

Cables



Como aislante para los cables submarinos. En esta aplicación, la escasa permitividad y la resistencia al agua son de especial utilidad. En 1940, era usado como aislante en los cables de alta frecuencia usados especialmente en las instalaciones de radar, y en este caso es el factor de potencia el que tiene la máxima importancia. Muchos otros tipos de cables para usos militares y civiles han empleado también el PE como aislante. Más recientemente, una salida importante para el PE se ha encontrado en la construcción de cables en los cuales el polímero se usa no como aislante eléctrico, sino como envoltura exterior. En este caso puede considerarse como sustitutivo del plomo.

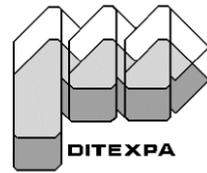
Envases, vasijas y tubos

El PE se usa muchos en forma de botellas, vasos y otros recipientes, tanto en la industria para la manipulación de materias corrosivas como en el hogar para diversos líquidos. En esas aplicaciones, las principales ventajas son la inercia, el poco peso y menor probabilidad de que se rompa, comparado al vidrio. El PE se utiliza en frascos lavadores de laboratorio y en frascos para la pulverización de cosméticos. El PE se usa mucho para cierres de diversos tipos.

Los tubos de pared gruesa se usan para el transporte de agua, especialmente en las granjas y en las minas, donde la facilidad para colocar las tuberías, la resistencia a las condiciones corrosivas del suelo y el poco peso son factores importantes. Otra aplicación de los tubos de polietileno son las instalaciones de calor radiante; en éstas, las tuberías que conducen el agua caliente están incluidas en un piso de hormigón. Sin embargo, en ésta y en otras aplicaciones hay que tener en cuenta la oxidación del polímero a temperaturas próximas a 50 °C y posiblemente a temperaturas más bajas.

Película

La película de polietileno en un espesor de 0,025-0,250 mm absorbe una proporción elevada de la producción total de polietileno. Su uso se basó originalmente en su combinación de buenas propiedades mecánicas con una baja permeabilidad al vapor de agua, y por ello sirve para empaquetar productos alimenticios, aplicación en la cual su flexibilidad a baja temperatura hace satisfactorio su uso en los refrigeradores. También sirve para la protección de objetos metálicos, equipo eléctrico, piezas grandes de maquinaria y vehículos, para evitar su deterioro a consecuencia de la humedad. Se pueden usar también para empaquetar ciertos productos alimenticios, y en este caso la transparencia, la tenacidad y la resistencia al desgarramiento son las cualidades importantes. La película de PE pueden convertirse fácilmente en bolsas en maquinaria automática, uniendo las secciones por medio del calor. Los adhesivos para el PE no dan resultado. La película de PE puede imprimirse satisfactoriamente. La irradiación gamma de la película de PE mejora señaladamente la retención de tinta. Un uso especial interesante de la película de PE es la construcción de globos para las investigaciones a grandes altitudes.



Revestimiento del papel

Otro uso del polietileno en forma de película es el revestimiento del papel para reducir la permeabilidad al vapor de agua y mejorar las propiedades mecánicas. Un uso semejante del PE es el mejoramiento de las propiedades del revestimiento de parafina aplicado al papel.

Filamentos

El bajo punto de fusión del polietileno limita seriamente su uso como fibra textil; pero se han hecho tejidos para tapicería de automóviles con monofilamentos de polietileno. El PE no se tiñe fácilmente. Los filamentos se usan en el estado estirado en frío, y una limitación a la utilidad de este material es el aflojamiento que se produce a temperaturas elevadas. El deterioro mecánico a la luz solar es también un problema.

Instalaciones químicas

El PE se usa para la construcción de instalaciones químicas en las cuales se necesita cierta resistencia a los productos químicos. La película de PE se ha usado para construir pisos resistentes a los ácidos.

Pueden resumirse entonces las principales aplicaciones de los distintos tipos de polietileno en el siguiente cuadro:

Polietileno de baja densidad	Polietileno de alta densidad
película termocontraíble	caños
envasado automático	envases soplados
bolsas industriales	botellas
film para agro	bidones
bolsas de uso general	contenedores industriales
cables eléctricos (aislantes)	cajones
tuberías para riego	bolsas de supermercado
tubos y pomos	bolsas tejidas
	macetas

1.2.2. Copolímeros de etil-vinil-acetato (EVA).

El Etileno Vinil Acetato o EVA es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de Etileno y Acetato de Vinilo. Se designa como EVA (por sus siglas en inglés, *Ethylene Vinyl Acetate*).

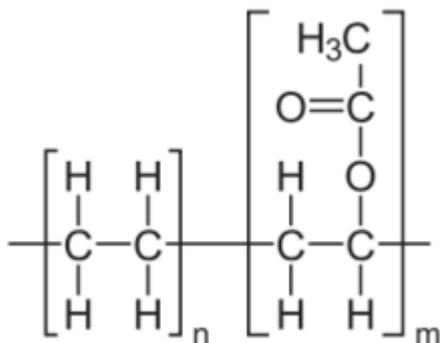
Se obtienen por copolimerización de etileno y acetato de vinilo (VA). Se caracteriza porque en su estructura participan regiones polares y no polares que originan vínculos electrostáticos entre ellas e impiden la libre rotación de los segmentos de cadena sobre los enlaces carbono-carbono, por lo que distancian entre sí las cadenas.

Polimerización

El Etileno Vinil Acetato es un polímero conformado por unidades repetitivas de Etileno y Acetato de Vinilo. El proceso de polimerización es muy similar al del Polietileno de baja densidad (PEBD o LDPE). Sin embargo, a diferencia de estos polímeros, no puede ser considerado como una poliolefina ya que uno de sus componentes principales es el acetato de vinilo.

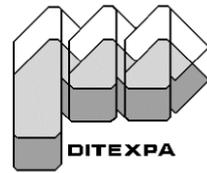
Estructura química

El Etileno Vinil Acetato es un polímero de adición formado por unidades repetitivas de Etileno y Acetato de Vinilo, como se puede ver a continuación:



Propiedades: dependen fundamentalmente de del peso molecular del polímero y del contenido de acetato de vinilo. A mayor peso molecular se obtiene mayor polaridad y menor cristalinidad. Un aumento de la fracción de acetato de vinilo mejora las propiedades ópticas, la flexibilidad y la soldabilidad al reducir el punto de reblandecimiento y empeora la inercia y disminuye la cristalinidad. Los copolímeros de EVA son más permeables al vapor de agua y a los gases.

Usos y aplicaciones: Ampliamente usado como adhesivo en coextrusión, con



porcentajes elevados de VA. Es sustituto del LDPE cuando se requieren especiales características de adaptabilidad y soldabilidad.

Algunas de las aplicaciones del Etileno Vinil Acetato son:

- Suelas de zapatos.
- Calzado (sandalias de uso diario o de baño).
- Juguetes.
- Adhesivos Termofusibles (coloquialmente conocidos como silicona caliente).
- Colchonetas.
- Artículos para el hogar.
- Parte trasera de los paneles solares fotovoltaicos (encapsulado)

Si tiene 45% de acetato de vinilo (proporcion molar), se comporta como el caucho. Vulcaniza con peróxidos.

Si tiene 35% de acetato de vinilo, da lugar a resinas flexibles, solubles en tolueno y benceno a temperatura ambiente. Densidad 0.95 g/cm³. Aplicación en formulacion de adhesivos y aditivos de ceras.

Si tiene 10 - 15% de acetato de vinilo, el producto es similar al PVC plastificado. Comatible con cargas inertes. Se usa para recubrimientos y adhesivos.

Con 3% de acetato de vinilo, es un polietileno de baja densidad modificado, con mayor flexibilidad, menor dureza y mayor brillo superficial en filmes. En porcentajes bajos de VA (2-5%), se utiliza en envases para productos congelados y para películas retráctiles o estirables. Su principal desventaja es su mayor coste.

1.2.3. Hot melt

Principios básicos

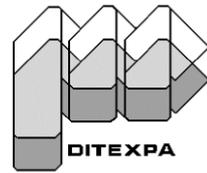
- Hot melts son materiales 100% sólidos basados en polímeros termoplásticos: No contienen agua o solvente y se funden simplemente por el calor, así que se aplican en estado líquido.
- El adhesivo Hot melt se aplica en estado líquido (Fundido) sobre una superficie. Una vez las 2 superficies de los materiales a unir se presionan, el calor acumulado del adhesivo desaparece rápidamente y el adhesivo se solidifica obteniendo como resultado una unión casi instantánea



- La mayoría de los materiales existentes pueden ser pegados con adhesivo Hot melt teniendo en cuenta que el adhesivo debe estar en estado líquido (Fundido) en el momento de la unión de los materiales
- Los adhesivos Hot melt se aplican a una temperatura que oscila entre 120 °C y 215°C, dependiendo de la sensibilidad al calor de los materiales que se van a unir
- El tiempo abierto (Tiempo que transcurre desde que un adhesivo Hot melt se aplica hasta que deja de tener un encolado satisfactorio) puede variar desde unos pocos segundos hasta varios minutos

Tipos de Hotmelt

- Los adhesivos Hot melt se pueden formular usando diferentes polímeros base
- La elección del tipo de polímero afecta al pegado, resistencia a la temperatura, resistencia química y coste
- Los polímeros más usuales son los siguientes:
- **Etileno Vinilo Acetato (EVA):** Es uno de los polímeros base más usados en la formulación de adhesivos para el embalaje y el ensamblaje de productos. Es económico, y tiene un rango de temperatura útil que oscila entre los -30°C y los 80°C
- **Poliamida (PA):** Es un polímero de alto rendimiento que se utiliza para la formulación de adhesivos con mayor resistencia a temperaturas extremas, entre -60°C y 130°C. Estos adhesivos tienen mayor resistencia química, pero tienen menor adhesividad que los adhesivos basados en polímero EVA
- **Polipropileno (PP):** Polímero usado para formular adhesivos con propiedades de adhesividad específicas y amplio tiempo abierto. Se usa frecuentemente en formulaciones de adhesivo en spray. El rango útil de temperatura oscila entre -30°C y 110°C, dependiendo de la formulación
- **Poliuretano (PUR):** Es un polímero Hot melt reactivo que, inicialmente, se comporta como un Hot melt convencional, solidificándose al instante cuando se enfría. La diferencia estriba en que, a continuación, el Hot melt reactivo PUR absorbe una pequeña cantidad de humedad de los materiales que le rodean o del propio ambiente y se produce una reacción química por la cual, el PUR se fusiona con la estructura física de los productos a unir. Esta reacción, que dura unos días, genera un cambio químico permanente que incrementa sobremanera tanto la resistencia térmica como química. Comoquiera que se requiere una pequeña cantidad de humedad para que la reacción química se lleve a término, es recomendable que al menos uno de los sustratos a unir sea poroso: Si la humedad se encuentra sólo en los límites externos del adhesivo, la fusión del PUR con los sustratos a unir será lenta y poco



fiable. No es recomendable aplicar agua encima de una superficie antes del pegado, ya que el agua anticipará la reacción del componente reactivo del PUR por lo que la fusión del adhesivo con el producto a unir será pobre.

Tiempo abierto

- El tiempo abierto es la cantidad de tiempo disponible para obtener un pegado satisfactorio después de que el adhesivo Hot melt ha sido aplicado a la superficie a encolar
- Este tiempo puede ser tan corto como 1 o 2 segundos para pegados de embalaje de secado rápido, o tan largo como varios minutos usando adhesivos específicos
- El tiempo abierto depende de múltiples factores, como la temperatura de aplicación, la cantidad y tipo de adhesivo, el tipo de superficie, la temperatura y las condiciones medioambientales
- Para un pegado óptimo es esencial realizar la unión de las dos superficies justo a continuación de haber aplicado el adhesivo
- Debido a los múltiples factores que pueden afectar al tiempo abierto, no es fácil estimar exactamente este tiempo en cada formulación
- Corto: De 1 a 15 segundos
- Medio: De 15 a 30 segundos
- Largo: De 30 a 60 segundos

Viscosidad

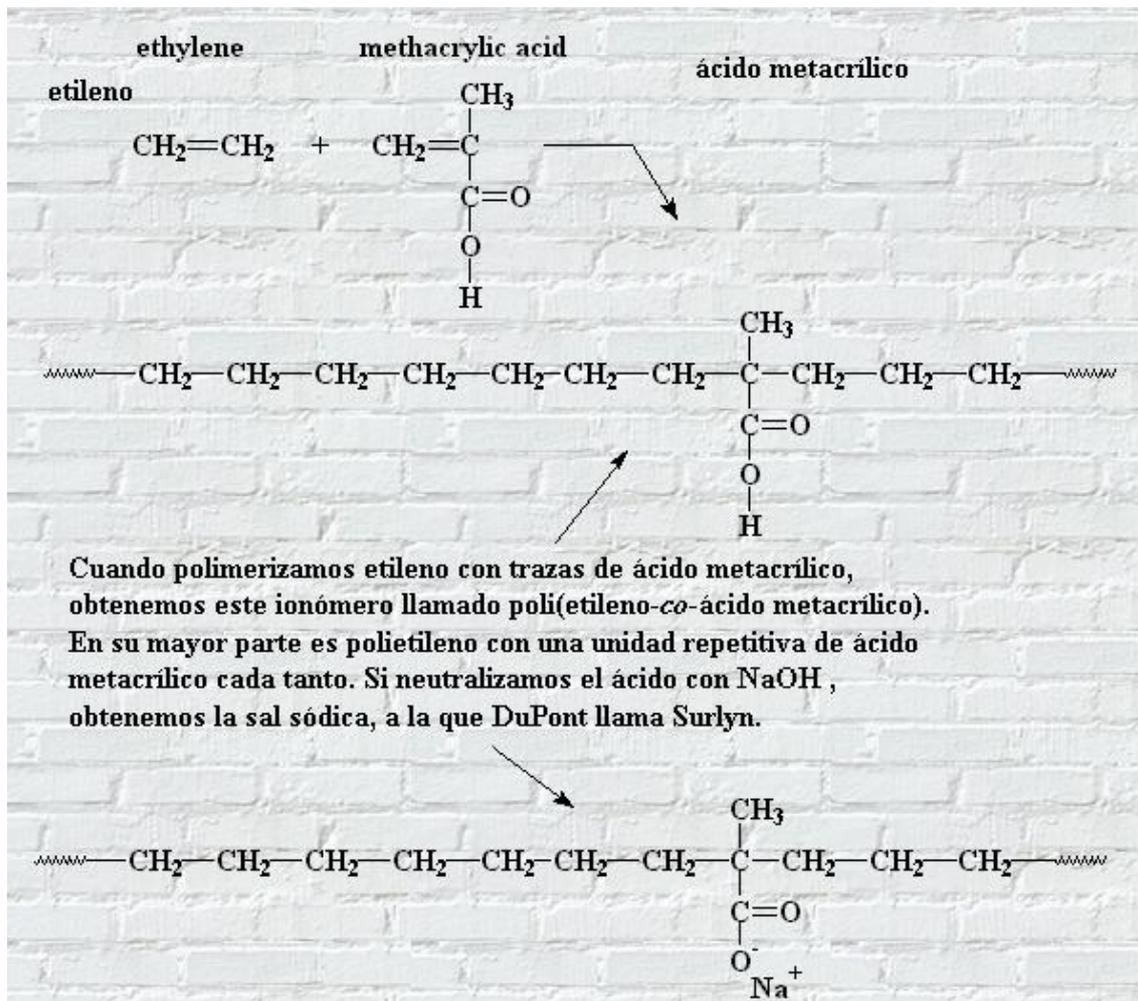
- Las colas Hot melt son termoplásticos, por lo que a altas temperaturas pasan a estado líquido, solidificándose otra vez cuando su temperatura disminuye. Cuando está en estado líquido, un valor que mide la facilidad con la que el adhesivo fluye es la viscosidad, que disminuye progresivamente en tanto en cuanto aumenta la temperatura. La unidad de medida es el centipoise: (Cps.)
- Una viscosidad baja incrementa el caudal de adhesivo y reduce el espesor de pegado. Sin embargo, no es aconsejable para aplicarse en superficies muy porosas, como las espumas y los tejidos
- Una viscosidad alta es ideal para encolar superficies rugosas o irregulares, así como aplicaciones en las que se deba rellenar algún hueco con adhesivo. A pesar de ello, un adhesivo viscoso reduce el output de adhesivo, por lo que es necesario usar aplicadores de mayor potencia
- Baja Viscosidad: 500-3000 cps

- Viscosidad media: 3000-6000 cps
- Alta viscosidad: 6000-15000 cps

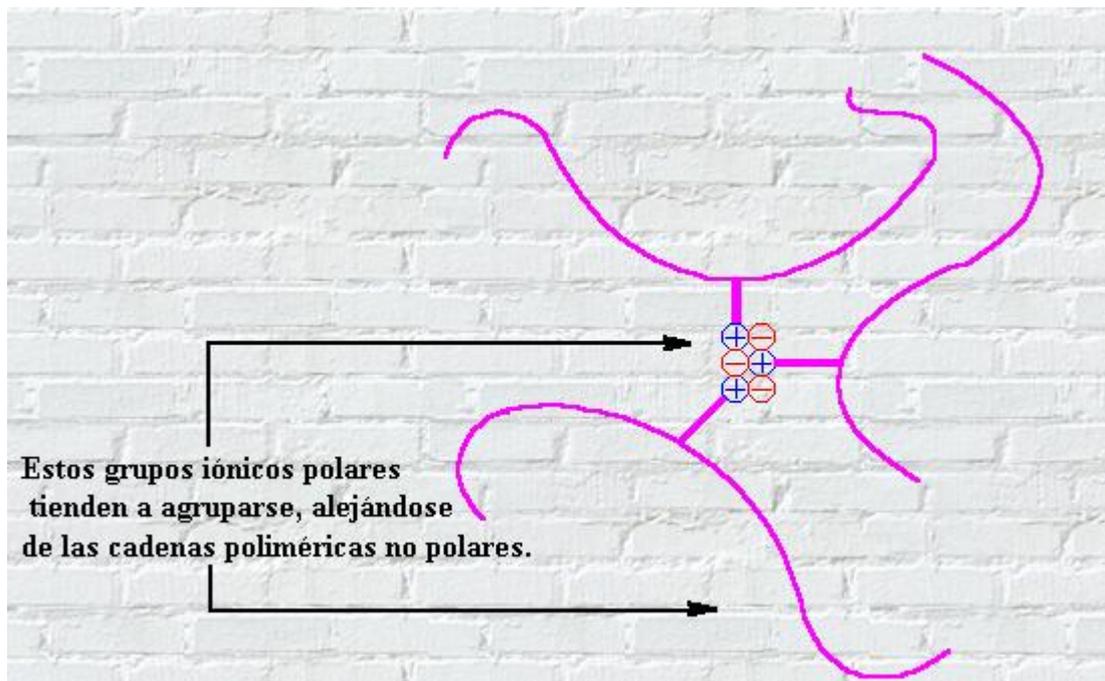
1.2.4. Ionómero

El año 1965 la Du Pont desarrolla los polímeros termoplásticos ionómeros. Tal como podría suponerse por su nombre, un ionómero es un polímero que contiene un ion. Pero un ionómero es algo más que un polímero con grupos iónicos. Cualquier polímero con grupos iónicos es denominado un polielectrolito. Pero un ionómero es un tipo especial de polielectrolito. En primer lugar, es un copolímero. Está formado por unidades repetitivas no iónicas y *pequeñas* cantidades de unidades repetitivas conteniendo iones. ¿Cómo de pequeñas? Los grupos iónicos constituyen menos del 15% del polímero.

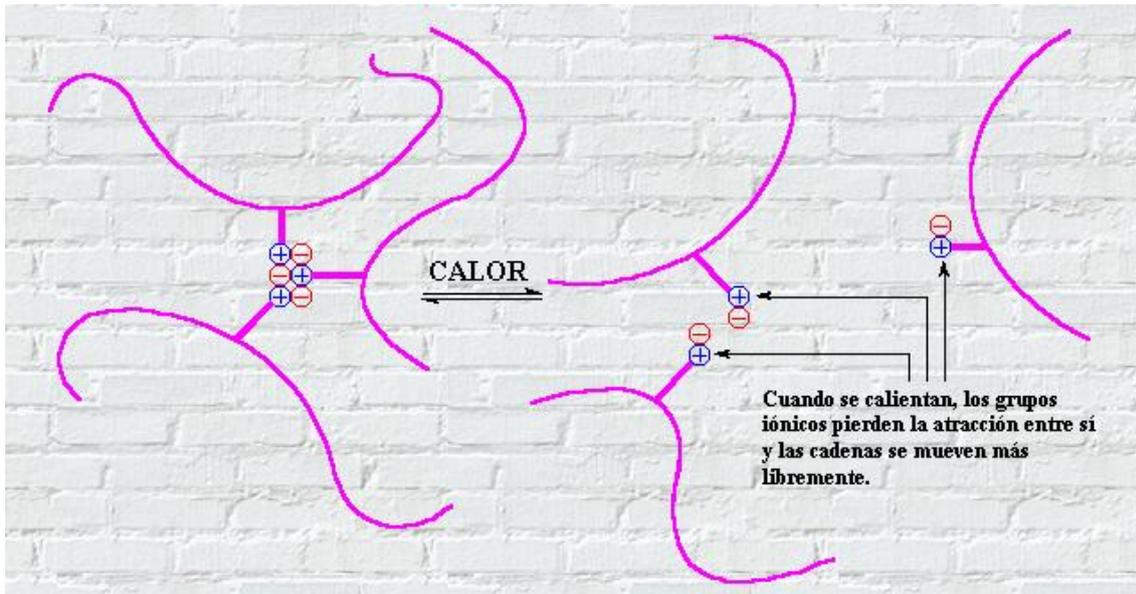
Un ejemplo de un ionómero es el poli(etileno-co-ácido metacrílico). Este polímero es una sal sódica o una sal de zinc (que aporta los iones) de copolímeros derivados del etileno y del ácido metacrílico.



Las atracciones iónicas que se manifiestan, ejercen una gran influencia en las propiedades del polímero. Veamos cómo funcionan los ionómeros. En un ionómero, las cadenas no polares se encuentran agrupadas y los grupos iónicos polares se atraen entre sí. Los grupos iónicos preferirían quedarse en un rincón, pero dado que están unidos a la cadena polimérica, no pueden hacerlo. Esto permite que los ionómeros termoplásticos se comporten de modo similar al de los polímeros entrecruzados o a los copolímeros en bloque.



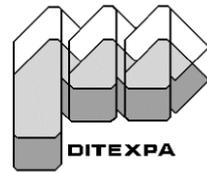
No obstante, los ionómeros no son polímeros entrecruzados, sino un tipo de termoplástico llamado entrecruzante reversible. Cuando se calientan, los grupos iónicos dejan de atraerse y las cadenas comienzan a moverse libremente. A medida que la temperatura aumenta, las cadenas se mueven más y más rápido y los grupos ya no pueden quedarse en sus lugares de partida. Esto hace que el polímero adquiera las propiedades de un elastómero y la facilidad de procesado de un termoplástico. Estos ionómeros son conocidos a veces con el nombre de elastómeros termoplásticos.



Hasta ahora sólo hablamos de los llamados ionómeros al azar. Un ionómero al azar es aquél cuyos grupos iónicos están unidos a la cadena principal a intervalos erráticos. Sin embargo, existen otros tipos de ionómeros.

Están aquéllos que se emplean como membranas semi-permeables. Una membrana semi-permeable es una muy delgada pieza de material que permite el paso de ciertas sustancias, mientras que otras permanecen dentro. Las membranas constituidas por ionómeros se denominan específicamente membranas selectivas de iones. Funcionan dejando pasar el agua, pero no los iones metálicos.

Usos y aplicaciones: Su principal uso es en coéxtrusiones y laminados complejos en los que se requiere gran poder de adhesión y termosellado efectivo, por ejemplo, envases para productos pulverulentos y para productos grasos o con salsas, ya que es capaz de termosoldar a través de suciedad. Estas membranas selectivas de iones, reducen en los residuos acuosos, los niveles de iones metálicos como por ejemplo el plomo, que ninguno de nosotros quiere beber, a límites aún inferiores a los establecidos por la EPA (Agencia de Protección Ambiental). Los polímeros que sirvan para mantener limpio al mundo, son bienvenidos. Estas membranas también pueden ser usadas para recuperar metales valiosos de soluciones diluidas, eliminar el zinc de desperdicios textiles y "ablandar" las aguas duras. Una membrana selectiva de iones sumamente específica es un ionómero perfluorosulfonato, que la DuPont llama Nafion. Todos los ionómeros perfluorosulfonato poseen excelente estabilidad química y térmica, así como también la gran habilidad de absorber increíbles cantidades de agua. Las membranas de Nafion pueden fabricarse en forma de films o tubos, y ser empleadas en muchos procesos cáusticos y peligrosos, como por ejemplo la producción de cloro, la regeneración de ácidos,



separaciones en el procesado químico, y también en electrodiálisis y celdas de combustible.

2. OBJETO DEL TRABAJO

El proyecto trata de la simulación de un proceso de laminado por extrusión de lamina plana de materiales termoplásticos sobre dos sustratos textiles distintos: un tejido 100% algodón y un tejido 100% poliéster. Puesto que no se dispone de una extrusora con cabezal de lámina plana, se ha recurrido a una plancha de laboratorio para estampación, sobre la que se depositan los sustratos (situando entre los mismos la granza de termoplástico con que se obtendrá la laminación).

Los termoplásticos utilizados son:

- Polietileno de baja densidad LDPE
- Polietileno de alta densidad HDPE
- Etileno vinil acetato EVA
- Ionómero
- Hot Melt con polímero de base EVA

Todos estos polímeros son poliolefinas, de forma que pueden ser utilizados sin problemas con una misma maquina de extrusión, siempre teniendo en cuenta que se deberán ajustar los parámetros de producción al material a trabajar.

Se estudiará el método de aplicación de los termoplásticos a los sustratos, teniendo como premisa la obtención de un laminado que tenga una uniformidad suficiente como para realizar con garantías los posteriores ensayos de tracción. Para ello será muy importante determinar para cada laminado:

- Gramaje de material aplicado
- Temperatura de proceso
- Tiempo de aplicación

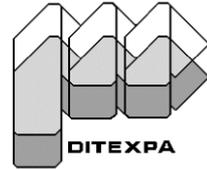
Por ultimo se comprobará el grado de adhesión de los termoplásticos a los distintos sustratos mediante la realización de los ensayos de tracción, utilizando para ello el método de la tira.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción de los tejidos

Sustrato nº1 **Sabana 115**

- Composición del tejido: algodón 100%



- Ligamento: Tafetan
- Densidad de urdimbre: 28 pasadas/cm
- Densidad de trama: 23 pasadas/cm
- Color: crudo
- Peso por m²: 115 g/m²

Sustrato nº2 **Raso 145**

- Composición del tejido: poliéster 100%
- Ligamento: Raso
- Densidad de urdimbre: 26 pasadas/cm
- Densidad de trama: 22 pasadas/cm
- Color: crudo
- Peso por m²: 145 g/m²

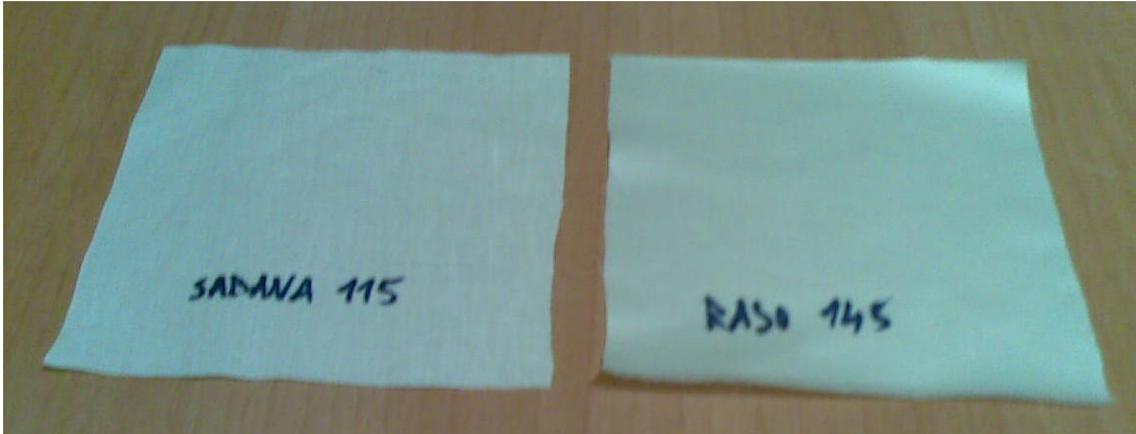


Figura 13 Sustratos textiles

3.2. Descripción de los productos

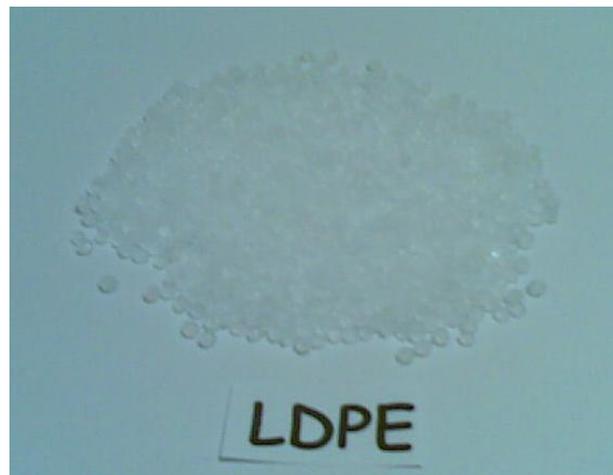
3.2.1 Polietileno de baja densidad

Fabricante: The Dow Chemical Company

Forma de suministro: Sacos de 25 kg en pallets de 1375 kg.

Referencia: LDPE 7008

Color: Blanco



Polietileno de baja densidad LDPE 7008			
Propiedades físicas	Unidades	Norma del test	Valor
Índice de Fluidez, 190°C/2.16 kg	g/10 min	ISO 1133	7.7

Densidad	g/cm ³	ASTM D-792	0.918
Punto de reblandecimiento vicat	°C	ISO 306 método A	89
Propiedades mecánicas	Unidades	Norma del test	Valor
Dureza Shore D		ASTM D-2240	50
Límite elastico	MPa	ASTM D-638	9
Carga de rotura	MPa	ASTM D-638	10
Alargamiento de rotura	%	ASTM D-638	350
Módulo de flexión, 2% secante	MPa	ASTM D-790	200
Resistencia al impacto	kJ/m ²	ASTM D-1822	145
ESCR Resistencia al agrietamiento por tensiones	h	ASTM D-1693	9.2
Propiedades reológicas	Unidades	Norma del test	Valor
Contracción del molde	%	ASTM D-955	2.6

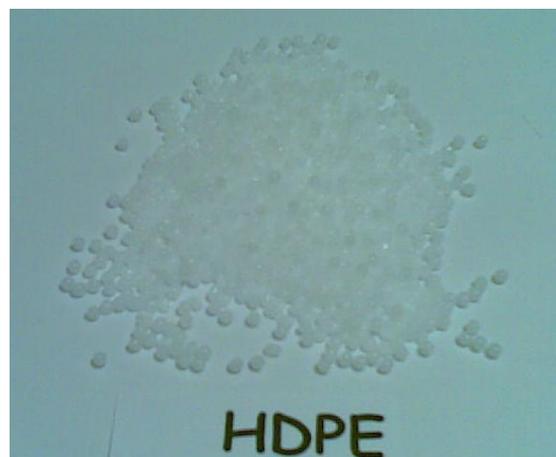
3.2.2. Polietileno de alta densidad

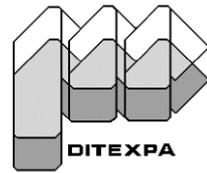
Fabricante: The Dow Chemical Company

Forma de suministro: Sacos de 25 kg en pallets de 1375 kg.

Referencia: HDPE KT 10000 UE

Color: Blanco





Polietileno de alta densidad HDPE 10000 UE			
Propiedades físicas	Unidades	Norma del test	Valor
Índice de Fluidez, 190°C/2.16 kg	g/10 min	ISO 1133	8
Densidad	g/cm ³	ASTM D-792	0.964
Punto de reblandecimiento vicat	°C	ISO 306 método A	131
Propiedades mecánicas	Unidades	Norma del test	Valor
Dureza Shore D		ASTM D-2240	66
Límite elástico	MPa	ASTM D-638	29
Carga de rotura	MPa	ASTM D-638	32
Alargamiento de rotura	%	ASTM D-638	800
Módulo de flexión, 2% secante	MPa	ASTM D-790	1050
Resistencia al impacto	kJ/m ²	ASTM D-1822	77
ESCR Resistencia al agrietamiento por tensiones	h	ASTM D-1693	2.5
Propiedades reológicas	Unidades	Norma del test	Valor
Contracción del molde	%	ASTM D-955	2.1

3.2.3. Etilen vinil acetato EVA

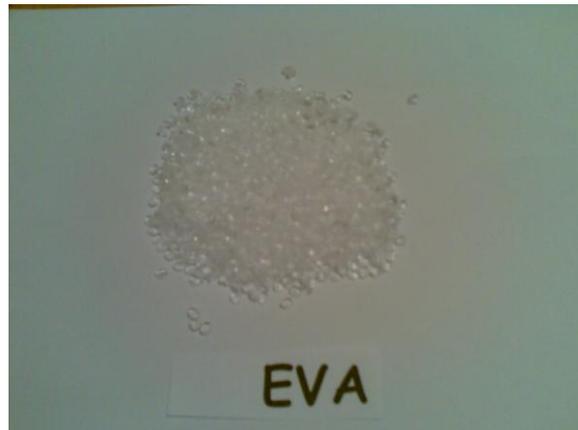
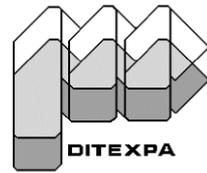
Fabricante: Petroquímica Triunfo

Forma de suministro: Sacos de 25 kg en pallets de 1375 kg.

Referencia: Tritheva PN 2021

Contenido de vinil acetato: 17.7 – 20.3 %

Color: Transparente



EVA Tritheva PN 2021			
Propiedades físicas	Unidades	Norma del test	Valor
Índice de Fluidez, 190°C/2.16 kg	g/10 min	ISO 1133	1.8 – 2.4
Densidad	g/cm ³	ASTM D-792	0.94
Punto de reblandecimiento vicat	°C	ISO 306 método A	61
Propiedades mecánicas	Unidades	Norma del test	Valor
Dureza Shore A		ASTM D-2240	87
Límite elástico	MPa	ASTM D-638	Nd
Carga de rotura	MPa	ASTM D-638	26
Alargamiento de rotura	%	ASTM D-638	750
Módulo de flexión, 2% secante	MPa	ASTM D-790	Nd
Resistencia al impacto	kJ/m ²	ASTM D-1822	Nd
ESCR Resistencia al agrietamiento por tensiones	h	ASTM D-1693	Nd
Propiedades reológicas	Unidades	Norma del test	Valor
Contracción del molde	%	ASTM D-955	Nd

3.2.4. Ionómero

Fabricante: Exxon chemical

Forma de suministro: Sacos de 25 kg en pallets de 1375 kg.

Referencia: IOTEK 3110

Tipo de ionómero: Etilen ácido acrílico ion sodio.

Color: Transparente



IONÓMERO			
Propiedades físicas	Unidades	Norma del test	Valor
Índice de Fluidez, 190°C/2.16 kg	g/10 min	ISO 1133	1.3
Densidad	g/cm ³	ASTM D-792	0.934
Punto de reblandecimiento vicat	°C	ISO 306 método A	71
Propiedades mecánicas	Unidades	Norma del test	Valor
Dureza Shore D		ASTM D-2240	60
Límite elastico	MPa	ASTM D-638	Nd
Carga de rotura	MPa	ASTM D-638	39
Alargamiento de rotura	%	ASTM D-638	350
Módulo de flexión, 2% secante	MPa	ASTM D-790	Nd
Resistencia al impacto	kJ/m ²	ASTM D-1822	Nd

ESCR Resistencia al agrietamiento por tensiones	h	ASTM D-1693	Nd
Propiedades reológicas	Unidades	Norma del test	Valor
Contracción del molde	%	ASTM D-955	Nd

3.2.5. Hot melt

Fabricante: Beardow Adams Limited

Referencia: BAM 1719

Tipo de adhesivo: Hot melt en base EVA, color: Ambar

Viscosidad: 14500 cP a 160 °C

Punto de reblandecimiento vicat: 59 °C

Tiempo en abierto: Medio

Forma de suministro: Sacos de 25 kg en pallets de 1000 kg.



3.3. Metodología

Para la determinación de las condiciones de trabajo de las muestras se realizan una serie de muestras de prueba modificando los siguientes parámetros:

- Sustratos a laminar
- Material de la lámina
- Gramaje de la lamina de termoplástico
- Temperatura de proceso
- Tiempo de proceso

El resultado de las primeras muestras no fue satisfactorio, ya que aunque los termoplásticos llegaban a fundirse no se llegaba a formar una lámina continua de manera que de esta forma sería imposible realizar los ensayos de tracción para comprobar el grado de adhesión del laminado. Esto se debía a que la plancha de estampación disponía en su parte inferior de una placa de caucho. Al aplicar presión sobre la muestra la granza se introducía parcialmente en el caucho antes de fundirse por lo que el laminado obtenido no era válido. Este problema se solucionó añadiendo, a la plancha de estampación, una base de aluminio de 3 mm de espesor.



Figura 13 Muestra con laminado discontinuo



Figura 14 plancha de aluminio de 3mm

Como se puede observar en la figura, la muestra presenta un laminado uniforme que es apto para realizar los posteriores ensayos.

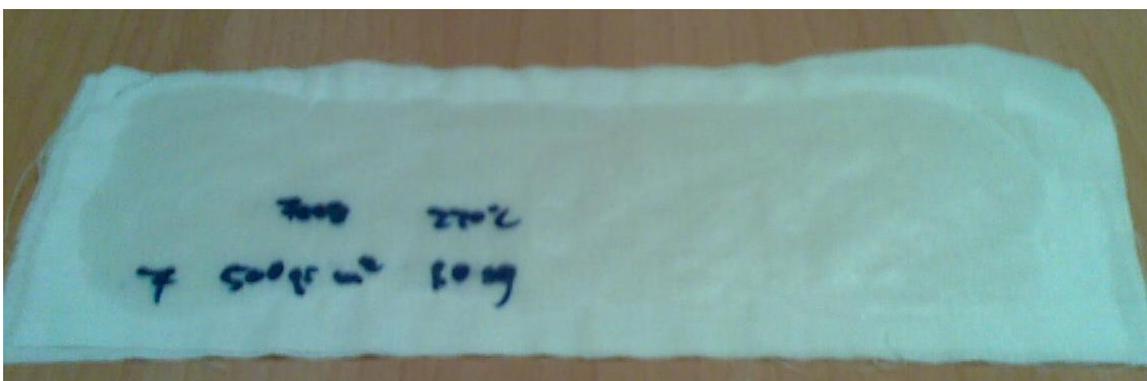


Figura 15 Muestra realizada con la plancha inferior de aluminio

Después se realizaron muestras para determinar el gramaje de la lámina en función del termoplástico que componía la misma, determinando que se utilizarían los siguientes gramajes:

- Polietileno de baja densidad LDPE: 500 g/m² y 700 g/m²
- Polietileno de alta densidad HDPE: 500 g/m² y 700 g/m²
- Etileno vinil acetato EVA: 500 g/m² y 700 g/m²
- Ionómero: 500 g/m² y 700 g/m²
- Hot Melt con polímero de base EVA: 300 g/m² y 500 g/m²

Para todos los materiales se utilizan gramajes a partir de 500 g/m² ya que con gramajes inferiores no es posible conseguir una lámina en condiciones con esta técnica, excepto con el Hot Melt que, debido a su elevada fluidez, forma la lamina mas fácilmente, utilizando inicialmente gramajes de 300 g/m². También hay que destacar que con el Hot Melt se utiliza un gramaje máximo de 500 g/m² puesto que, al tener un índice de fluidez mas alto, llega a traspasar los sustratos y hace muy difícil la extracción de la muestra de la plancha de estampación. Es conveniente resaltar que, con una instalación de extrusión por lámina plana, es posible conseguir laminados de calidad a partir de 90 g/m² imposibles de conseguir con el método empleado en este trabajo.

Se intentó realizar muestras de 380 x 380 mm, que es el tamaño que tiene la plancha de estampación, pero resultó imposible, pues con esa superficie, la plancha no transmitía la presión adecuada para que las muestras tuviesen una lámina con la calidad requerida.



Figura 16 Muestra de 380 x 380 mm

Se optó entonces por hacer las muestras con un tamaño de 330 x 160 mm. La forma de aplicar la granza de termoplástico sobre los sustratos es la siguiente:

- Se situa en la base de aluminio de la plancha el primer sustrato a laminar.
- Sobre este se sitúa una plantilla con unas dimensiones interiores de 330 x 160 mm.
- Se reparte en el hueco de 330 x 160 mm la granza de termoplástico previamente pesada, distribuyéndola uniformemente sobre el sustrato
- Posteriormente se coloca el sustrato superior de forma que ambos sustratos, superior e inferior, no sean distintos.
- Finalmente se acciona la plancha de estampación, durante el tiempo y temperatura prefijados.

La superficie de laminado es de 330 x 160 mm = 52800 mm² de forma que la cantidad de termoplástico a aplicar para esa superficie en función del gramaje que pretendemos obtener viene determinada en la siguiente tabla:

Cantidad de termoplástico a aplicar		
300 g/m ²	500 g/m ²	700 g/m ²
15.84 g	26.4 g	36.96 g

El siguiente paso fue determinar las condiciones de trabajo que se debían de ajustar en la plancha de estampado en función del termoplástico. Después de obtener varias muestras se decide trabajar con los siguientes parámetros:

Sustrato superior e inferior: Algodón (Sabana 115)									
Gramaje: 500 y 700 g/m ²								Gramaje: 300 y 500 g/m ²	
LDPE		HDPE		EVA		IONÓMERO		HOT MELT	
Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)
180	120	180	120	180	120	180	120	180	90
205	60	205	90	205	60	205	90	205	20
205	90	230	45	205	90	230	45	205	30
230	45	230	90	230	45	230	90	230	20

Sustrato superior e inferior: Poliester (Raso 145)									
Gramaje: 500 y 700 g/m ²								Gramaje: 300 y 500 g/m ²	
LDPE		HDPE		EVA		IONÓMERO		HOT MELT	
Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)	Temp. °C	Tiempo (s)
180	120	180	120	180	120	180	120	180	90
205	60	205	90	205	60	205	90	205	20
205	90	230	45	205	90	230	45	205	30
230	45	230	90	230	45	230	90	230	20

Es necesario destacar que cuando se utiliza Hot Melt los tiempos de proceso son mucho menores debido a su elevada fluidez. Se hicieron pruebas con tiempos similares al resto de termoplásticos pero no fueron satisfactorias puesto que el material llegaba a traspasar a los sustratos.

También se puede observar que hay una diferencia de ajuste entre el las parejas LDPE - EVA y el HDPE – IONOMERO. En la primera pareja se realizan dos pruebas a 205°C y en la segunda se hacen dos pruebas a 230°C. Esto es así por que el LDPE tiene un índice de fluidez de 7.7 g/10min, una temperatura de de reblandecimiento vicat de 89°C y una dureza shore D de 50, siendo para el EVA de 2.4 g/10min, 61°C y dureza shore A 87, que equivale aproximadamente a una dureza shore D de 40. Todos estos valores nos permiten adivinar que se trata de dos materiales blandos y que empiezan a fluir rápidamente, el LDPE por su índice de fluidez 8 g/10min y el EVA por su temperatura de de reblandecimiento vicat de 61°C. Todo esto parece indicar que la temperatura mas adecuada de proceso no debe ser muy alta, como después corroboran los resultados que se obtienen en los ensayos de tracción donde se comprueba el grado de adhesión del laminado. Por el contrario el HDPE tiene un índice de fluidez de 8 g/10min, una temperatura de de reblandecimiento vicat de 131°C y una dureza shore D de 66, siendo para el IONOMERO de 1.3 g/10min, 71°C y dureza shore 60. Estos valores corresponden a unos materiales mas duros que empiezan a fluir a temperaturas superiores, el HDPE por su temperatura de de reblandecimiento vicat de 131°C y el IONÓMERO por su índice de fluidez de 1.3g/10min. De esta forma, se espera que los resultados sean mejores a temperaturas mas altas como posteriormente se puede comprobar.

Los aparatos utilizados para la elaboración de las muestras son:

- Plancha de estampación: superficie máxima de estampación de 380 x 380 mm, temperatura ajustable de 0 a 230°C y tiempo ajustable de 1 a 900 segundos.
- Bascula digital de laboratorio: precisión 0.01 g

A continuación se observa como se realiza el proceso de laminado y una muestra acabada.



Figura 17 y 18 Método de laminado

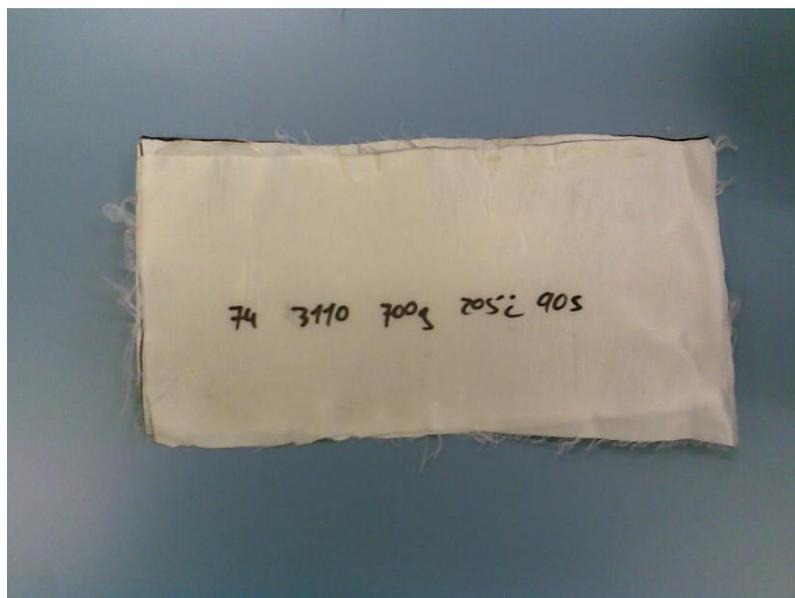


Figura 19 Muestra de 330 x 160 mm

4. ENSAYO DE TRACCIÓN

El ensayo de tracción sigue la norma DIN EN ISO 13934-1. Con este ensayo se comprobará el grado de adhesión de laminado. Se utiliza el método de la tira que presenta las siguientes características:

- Longitud de sujeción: 200 mm
- Precarga 10 N para muestras de 500 y 700 g/m², 5 N para muestras de 300g/m²
- Velocidad de ensayo: 100 mm/ min
- Gramaje de la probeta: 300, 500 y 700 g/m²
- Longitud de probeta laminada sobre la que se hace el ensayo: 150 mm
- Anchura de la probeta: 50 mm
- Nº de ensayos por muestra laminada: 2



Figura 20 Dinamometro

El procedimiento utilizado para realizar el ensayo es el siguiente:
Se cortan dos tiras de un ancho de 50 mm de la muestra laminada que se va a ensayar. Sobre cada tira deslaminamos una porción de tejido teniendo la precaución de dejar 150 mm de laminado sin deslaminar. Se coloca la probeta en las garras del dinamómetro y se efectúa el ensayo.

El ordenador del dinamómetro nos proporcionará un documento en el que figuran todos los datos del ensayo así como los valores medios de los resultados obtenidos.. Los parámetros que se controlaran son:

- Carga máxima soportada FH (N)
- Trabajo total de fractura WH (Nmm)

La carga máxima es un indicador del grado de adhesión del laminado aunque este valor no sea completamente fiable pues depende de la uniformidad con que se haya depositado la granza en el laminado.

El trabajo total de fractura si que es un buen indicador de la capacidad de adhesión pues este valor es el área inferior de la gráfica obtenida en el ensayo. Este será el parámetro que mas se valorará sin perder de vista la carga máxima, que también nos servirá de orientación.



Figura 21 Probeta

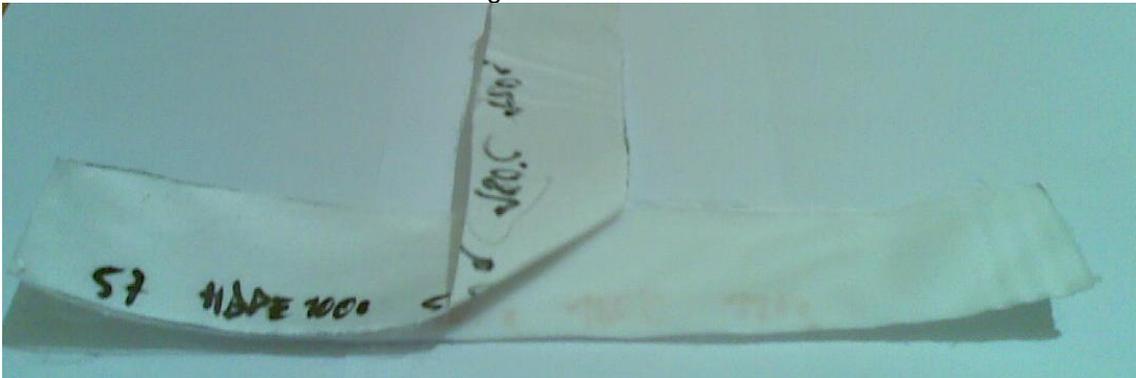
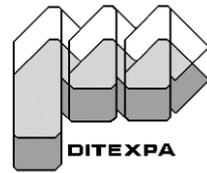


Figura 22 Probeta

5. Resultados



5.1. Resultados obtenidos para el sustrato de algodón sabana 115 500g/m² de material (excepto hot melt 300 gr/m²)

- FH (N): Carga máxima soportada
- WH (Nmm): Trabajo total de fractura

Sabana 115 500 g/m ² LDPE				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	71,13	73,71	77	74,54
WH (N/mm)	8521	10360	14024	9706

Sabana 115 500 g/m ² EVA				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	86,98	93,17	99,55	88,38
WH (N/mm)	8334	12141	16282	11101

Sabana 115 300 g/m ² Hot Melt				
	180°C 90s	205°C 20s	205°C 30s	230°C 20s
FH (N)	109,75	109,75	109,75	109,75
WH (N/mm)	21146	21146	21146	21146

Sabana 115 500 g/m ² HDPE				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)				
WH (N/mm)				



FH (N)	109,75	109,75	109,75	109,75
WH (N/mm)	21146	21146	21146	21146

Sabana 115 500 g/m2 Ionomero				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)	84,32	92,37	97,38	98,39
WH (N/mm)	11420	12867	13520	14985

5.2. Resultados obtenidos para el sustrato de algodón sabana 115 700g/m2 de material (excepto hot melt 500 gr/m2)

- FH (N): Carga máxima soportada
- WH (Nmm): Trabajo total de fractura

Sabana 115 700 g/m2 LDPE				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	71,56	72,45	73,1	72,02
WH (N/mm)	9611	12225	15840	13274

Sabana 115 700 g/m2 EVA				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	91,38	109,75	103,44	106,91
WH (N/mm)	11003	16447	21146	15631



Sabana 115 500 g/m2 Hot Melt				
	180°C 90s	205°C 20s	205°C 30s	230°C 20s
FH (N)	109,75	109,75	109,75	109,75
WH (N/mm)	21146	21146	21146	21146

Sabana 115 700 g/m2 HDPE				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)	109,75	109,75	109,75	109,75
WH (N/mm)	21146	21146	21146	21146

Sabana 115 700 g/m2 Ionomero				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)	86,89	100,88	99,78	102,58
WH (N/mm)	12921	14520	14887	16132

Ejemplo del ensayo realizado a la muestra nº 34 Sabana 115 LDPE 700g/m2
230°C 45s

DITEXPA

05.12.2008

DIN EN ISO 13934-1 Ensayo a tracción de tejidos textiles

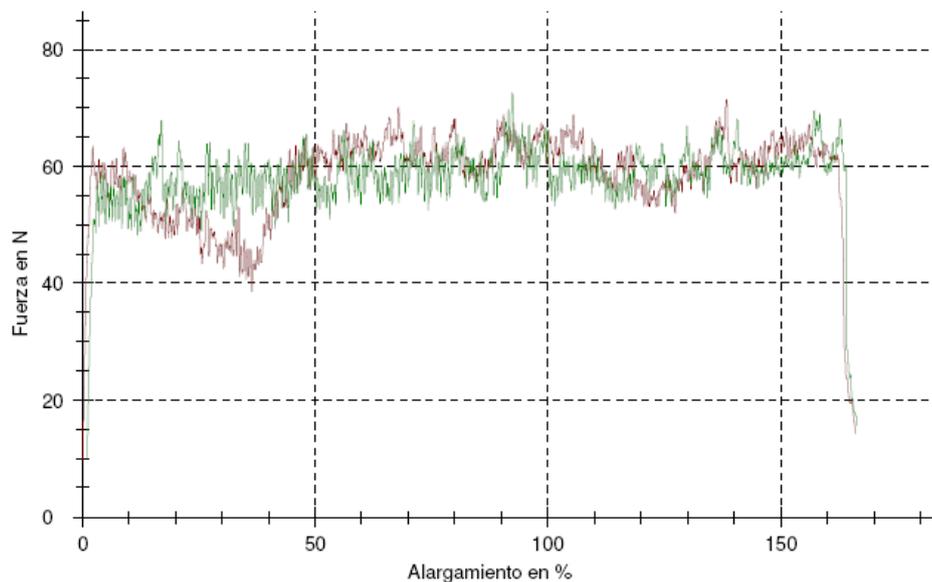
Tabla parámetros:

Encabezdo : DIN EN ISO 13934-1 Ensayo a tracción de tejidos textiles
 Nombre de la empresa: DITEXPA
 Norma de ensayo : UNE EN ISO 13934-1 PROPIEDADES DE LOS TEJIDOS
 FRENTE A LA TRACCIÓN. MÉTODO DE LA TIRA.
 Material : Sabana 115 LDPE 7008 700gr/m2
 Fabricación/Lote : 34
 Pretratamiento : 230°C 45s
 Observación :
 Longitud de sujeción : 200 mm Velocidad de ensayo : 100 mm/min
 Precarga : 10 N Gramaje de la probeta: 700 g/m²

Resultados:

Nr	b0 Probeta de tira mm	L0 mm	FH N	σ H N/cm	RH cN/tex	ϵ H %	WH Nmm	Valoración	Diagnóstico
1	50	199,55	71,49	14,30	71490,02	138,34	16068		
2	50	199,39	72,55	14,51	72551,95	91,35	10480		

Gráfico Serie:



Estadística:

Serie n = 2	b0 Probeta de tira mm	L0 mm	FH N	σ H N/cm	RH cN/tex	ϵ H %	WH Nmm
x	50	199,47	72,02	14,40	72020,98	114,85	13274
s	0,000	0,11	0,75	0,15	750,90	33,22	3951
v	0,00	0,05	1,04	1,04	1,04	28,93	29,77

5.3. Resultados obtenidos para el sustrato de poliéster raso 145 500g/m² de material (excepto hot melt 300 gr/m²)

- FH (N): Carga máxima soportada
- WH (Nmm): Trabajo total de fractura

Raso 145 500 g/m ² LDPE				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	57,03	46,98	41,33	46,8
WH (N/mm)	3006	6762	7408	5645

Raso 145 500 g/m ² EVA				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	72,8	73,55	73,96	68,82
WH (N/mm)	6225	6004	8529	5913

Raso 145 300 g/m ² Hot Melt				
	180°C 90s	205°C 20s	205°C 30s	230°C 20s
FH (N)	109,75	109,75	109,75	109,75
WH (N/mm)	21146	21146	21146	21146

Raso 145 500 g/m ² HDPE				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)	40,75	80,85	45,1	48,96

WH (N/mm)	9832	15003	6087	8366
--------------	------	-------	------	------

Raso 145 500 g/m2 Ionomero				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)	60,1	59,58	37,22	43,32
WH (N/mm)	10250	11560	1510	3247

5.4. Resultados obtenidos para el sustrato de poliéster raso 145 700g/m² de material (excepto hot melt 500 gr/m²)

- FH (N): Carga máxima soportada
- WH (Nmm): Trabajo total de fractura

Raso 145 700 g/m2 LDPE				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	47,1	31,87	54,66	46,19
WH (N/mm)	8037	7687	9654	5967

Raso 145 700 g/m2 EVA				
	180°C 120s	205°C 60s	205°C 90s	230°C 45s
FH (N)	70,13	65,6	81,17	60,76
WH (N/mm)	12704	11857	13218	10807

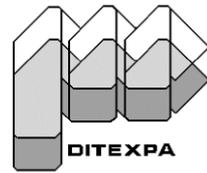


Raso 145 500 g/m2 Hot Melt				
	180°C 90s	205°C 20s	205°C 30s	230°C 20s
FH (N)	109,75	109,75	109,75	109,75
WH (N/mm)	21146	21146	21146	21146

Raso 145 700 g/m2 HDPE				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)	100,1	107,45	94,1	103
WH (N/mm)	16339	20581	8557	10112

Raso 145 700 g/m2 Iononero				
	180°C 120s	205°C 90s	230°C 45s	230°C 90s
FH (N)	67,32	69,51	39,81	46,17
WH (N/mm)	12017	12606	2213	4407

Ejemplo del ensayo realizado a la muestra nº 86 Raso 145 LDPE 700g/m2
205°C 60s



DITEXPA

03.12.2008

DIN EN ISO 13934-1 Ensayo a tracción de tejidos textiles

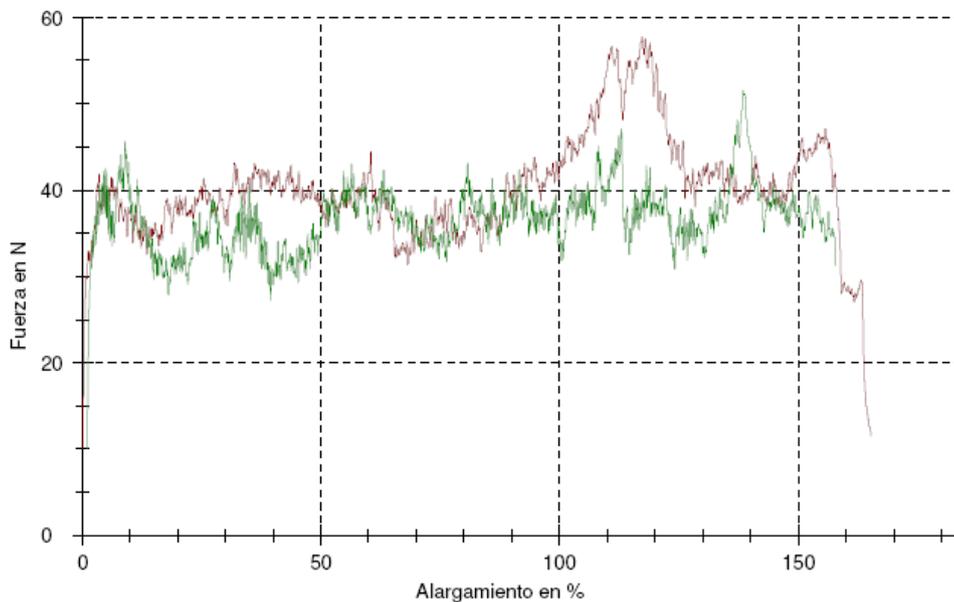
Tabla parámetros:

Encabezado : DIN EN ISO 13934-1 Ensayo a tracción de tejidos textiles
 Nombre de la empresa: DITEXPA
 Norma de ensayo : UNE EN ISO 13934-1 PROPIEDADES DE LOS TEJIDOS
 FRENTE A LA TRACCIÓN. MÉTODO DE LA TIRA.
 Material : Raso 145 LDPE 7008 700gr/m2
 Fabricación/Lote : 86
 Pretratamiento : 205°C 60s
 Observación :
 Longitud de sujeción : 200 mm Velocidad de ensayo : 100 mm/min
 Precarga : 10 N Gramaje de la probeta : 700 g/m²

Resultados:

Nr	b0 Probeta de tira mm	L0 mm	FH N	σ H N/cm	RH cN/tex	ϵ H %	WH Nmm	Valoración	Diagnóstico
1	50	199,61	57,78	11,56	57778,65	117,20	9301		
2	50	199,64	51,54	10,31	51540,80	137,41	10006		

Gráfico Serie:

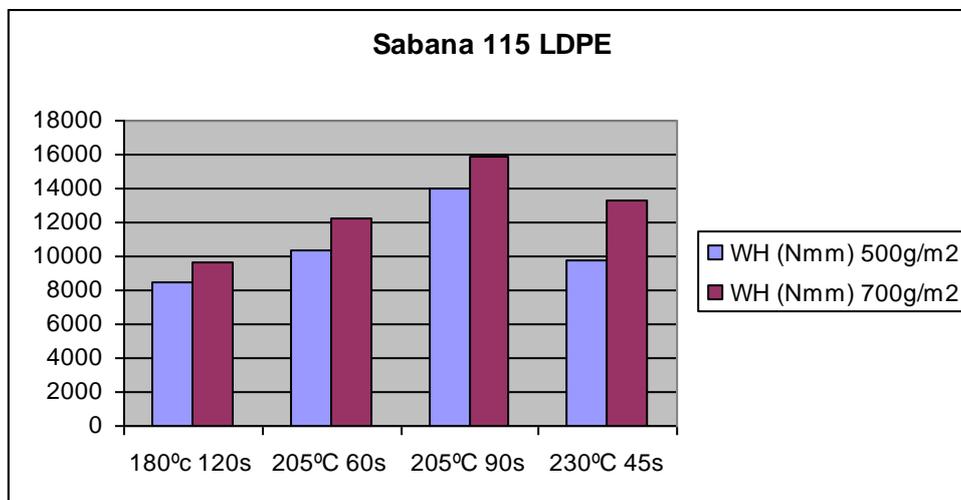
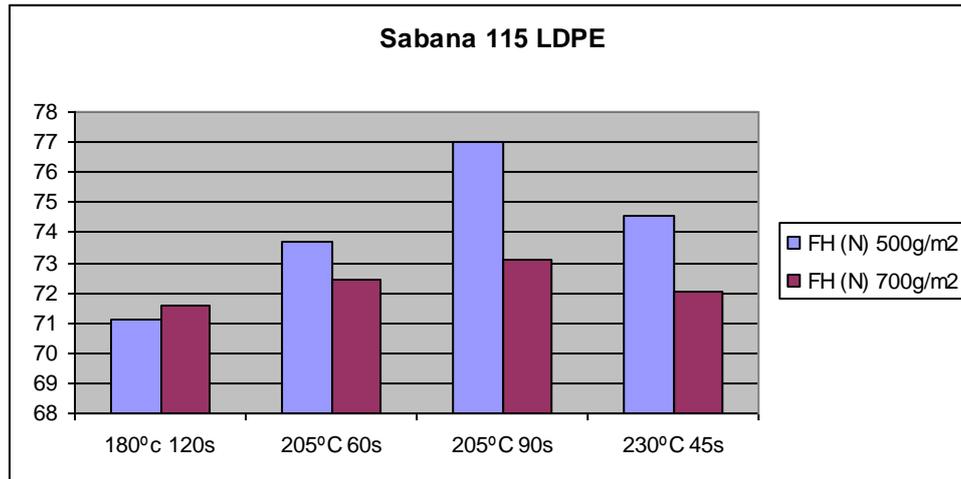


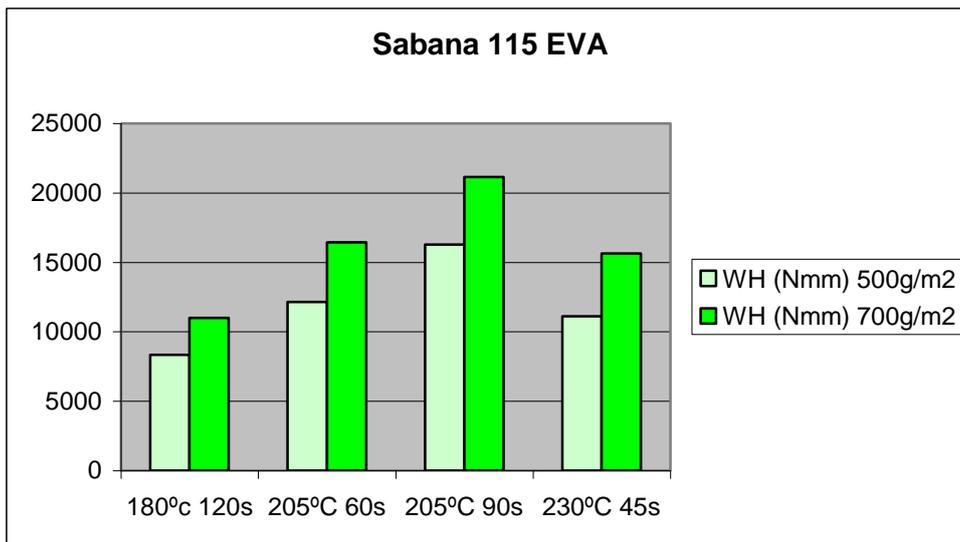
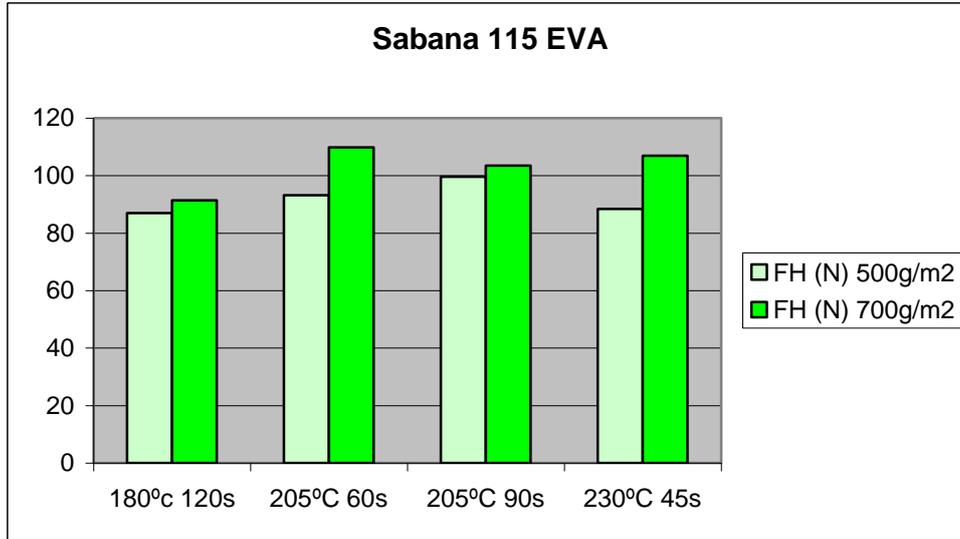
Estadística:

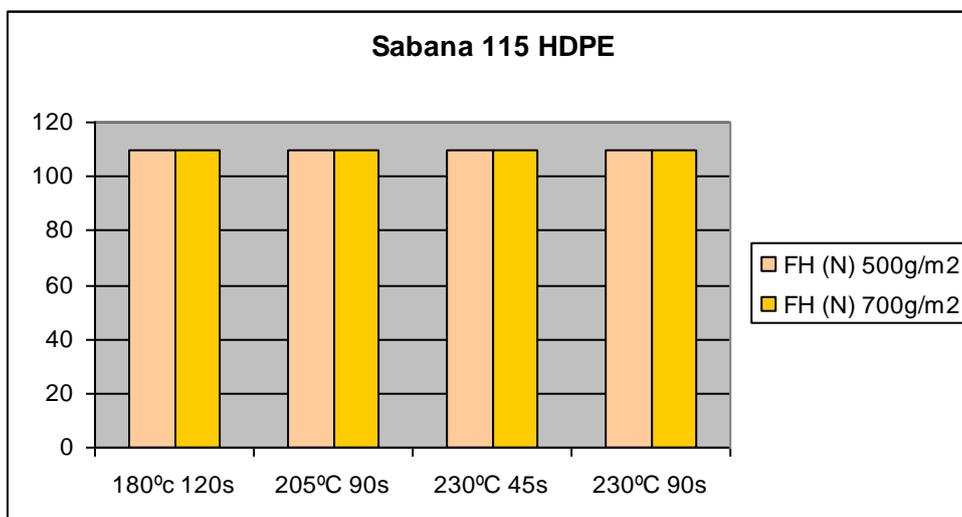
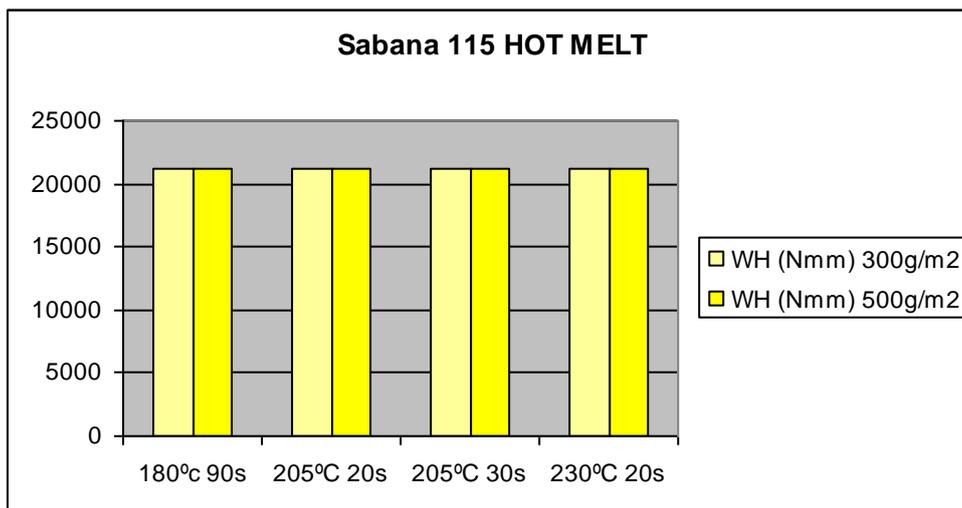
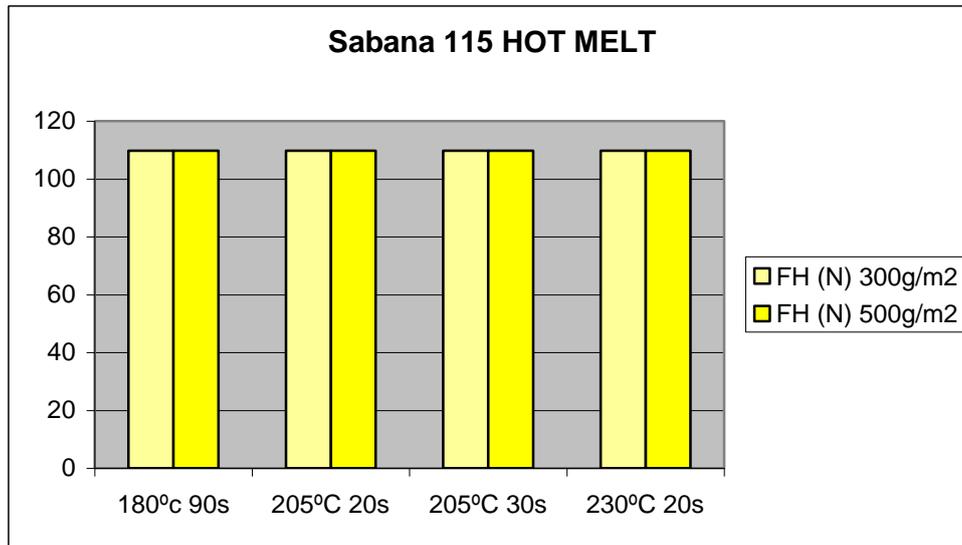
Serie n = 2	b0 Probeta de tira mm	L0 mm	FH N	σ H N/cm	RH cN/tex	ϵ H %	WH Nmm
\bar{x}	50	199,62	54,66	10,93	54659,73	127,30	9654
s	0,000	0,02	4,41	0,88	4410,82	14,29	498,3
v	0,00	0,01	8,07	8,07	8,07	11,23	5,16

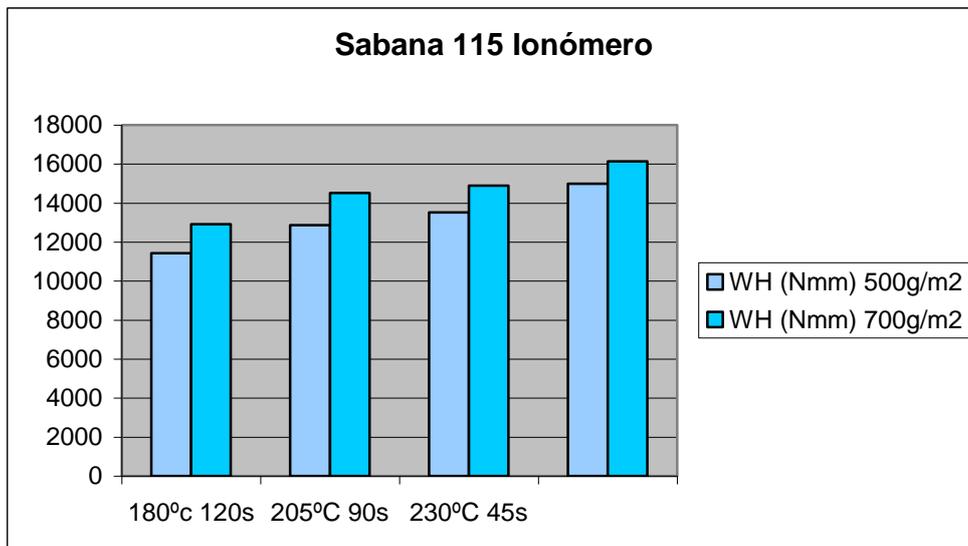
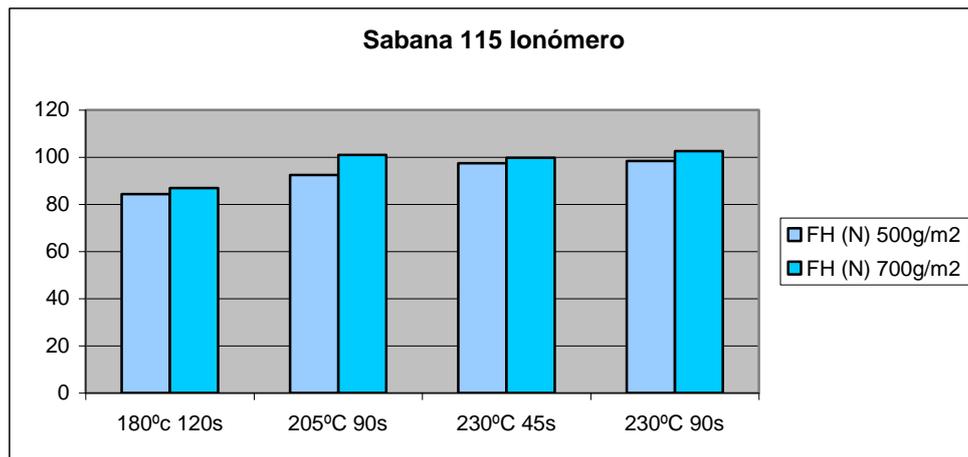
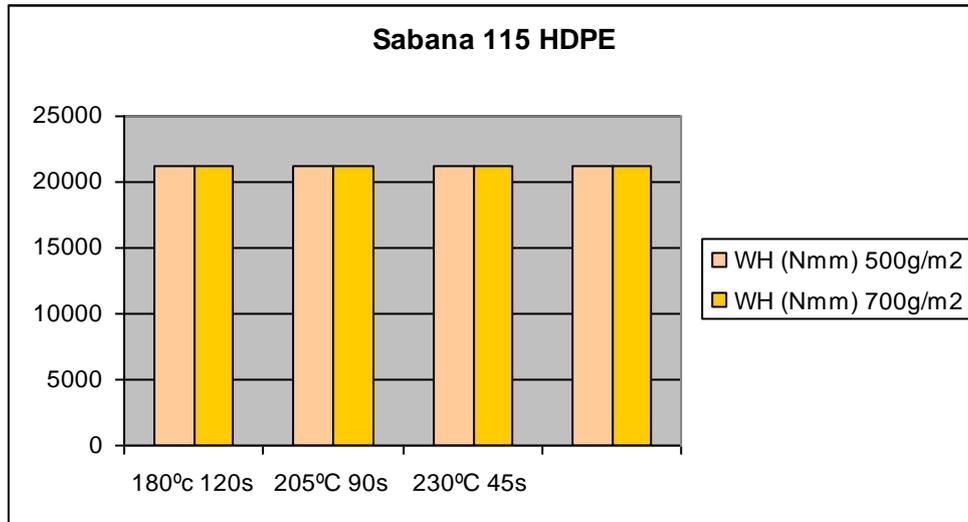
5.5. Gráficas comparativas

5.5.1. Comparación para el sustrato de algodón *sabana 115* de la carga máxima soportada FH (N) y del trabajo total de fractura WH (Nmm) para los distintos gramajes testados.

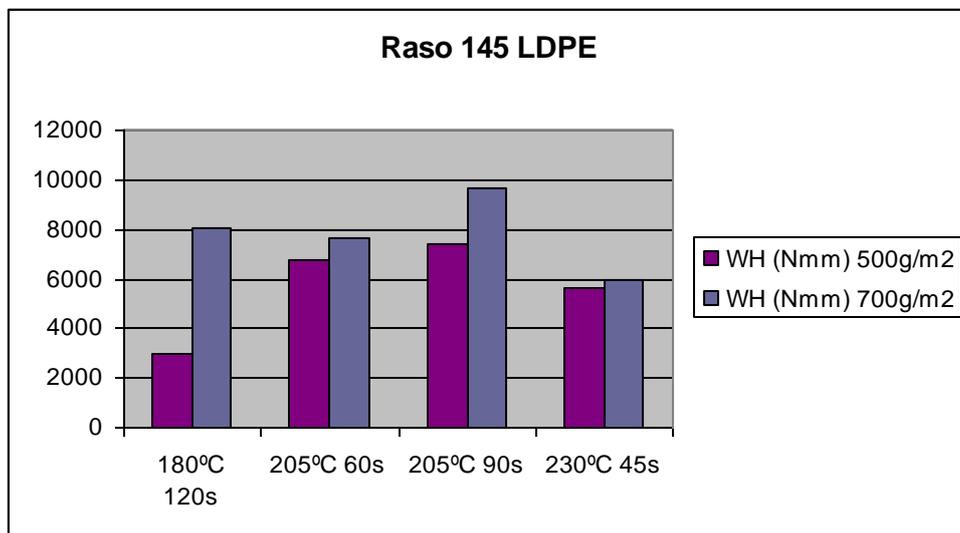
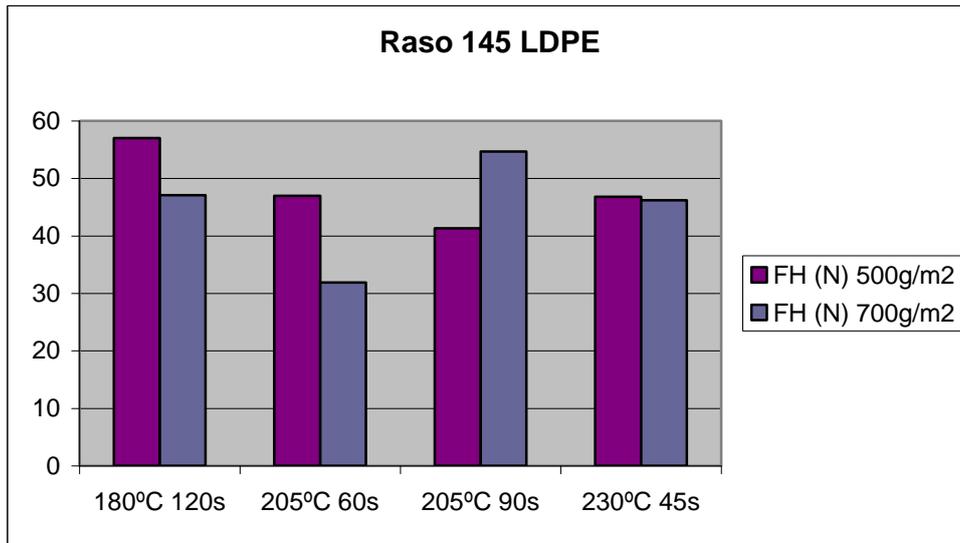


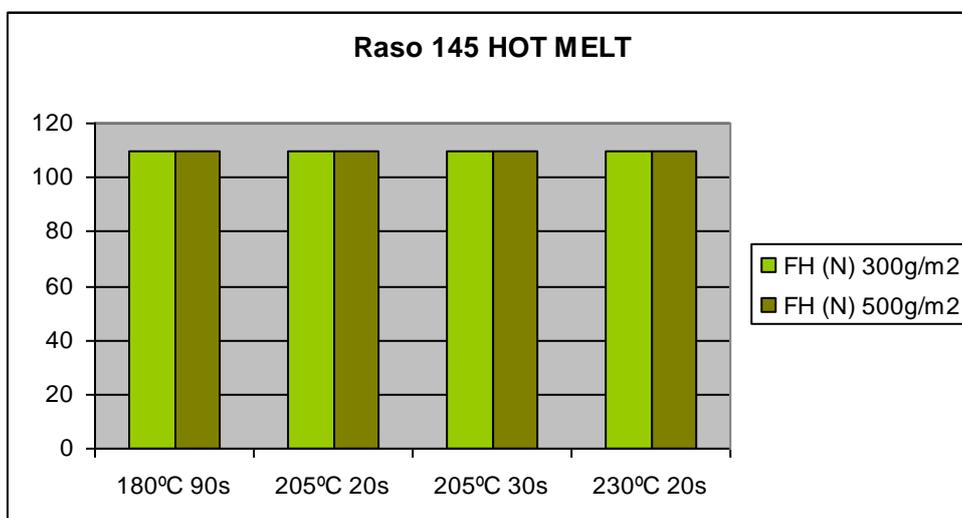
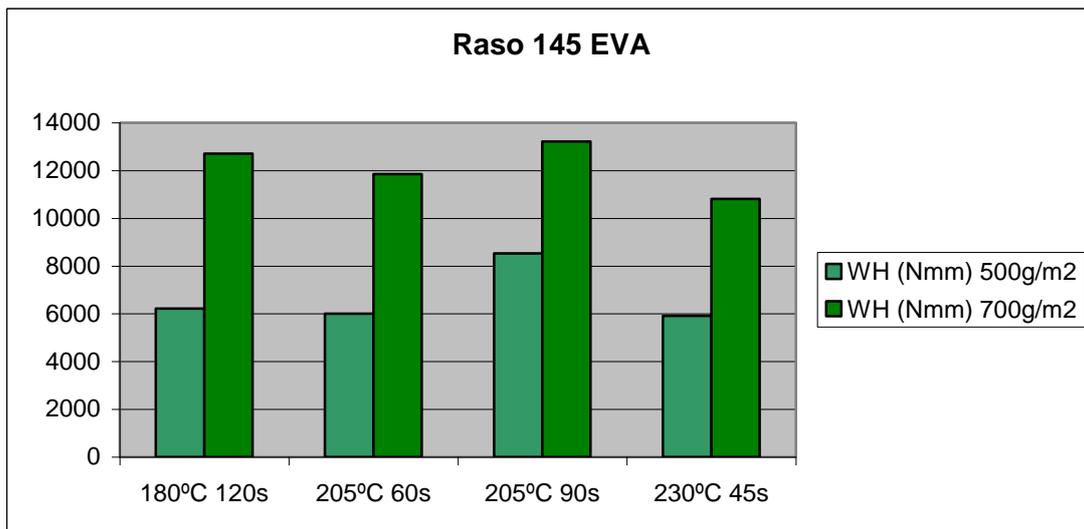
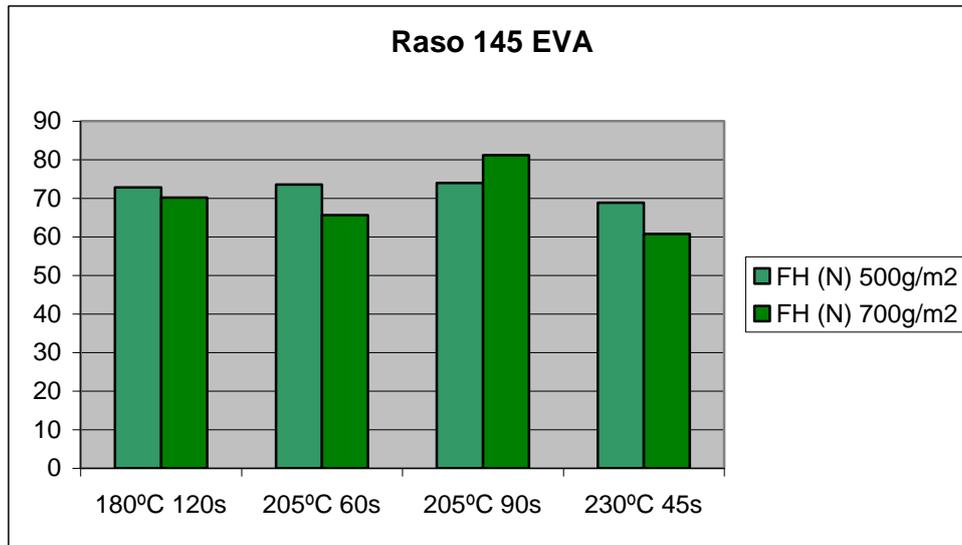


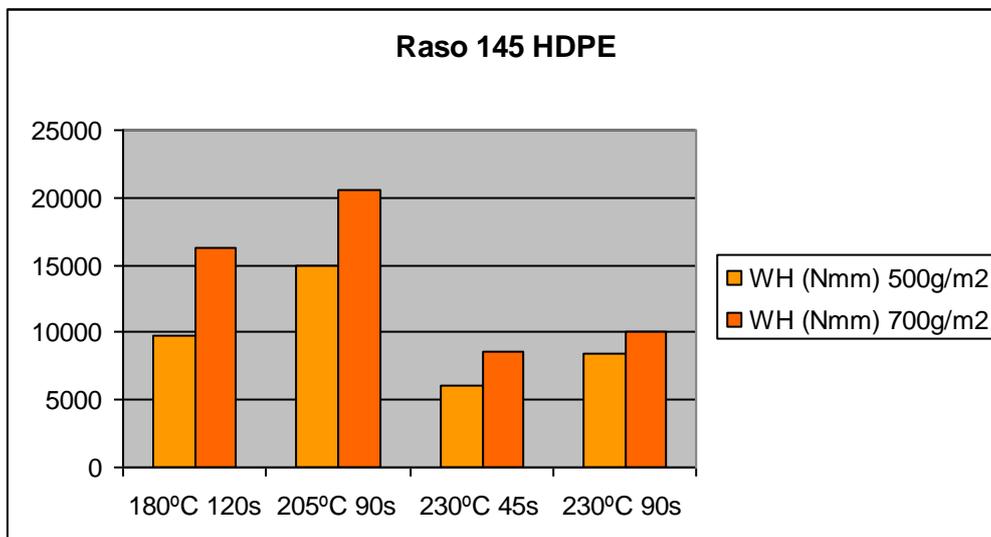
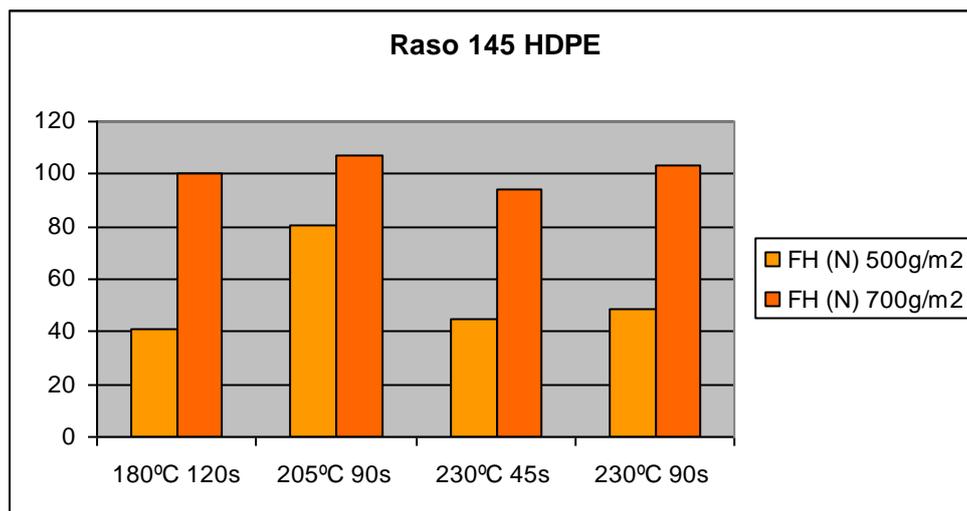
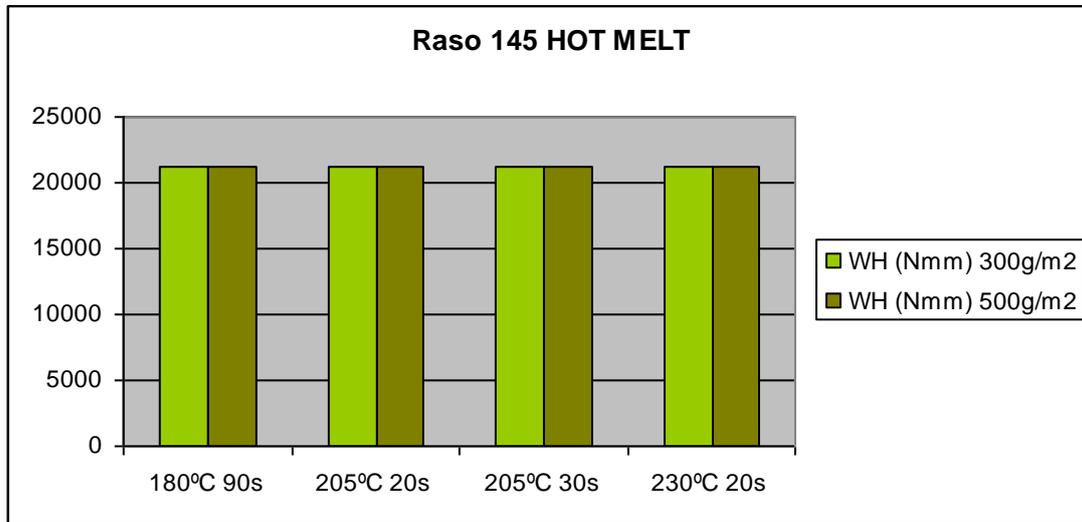


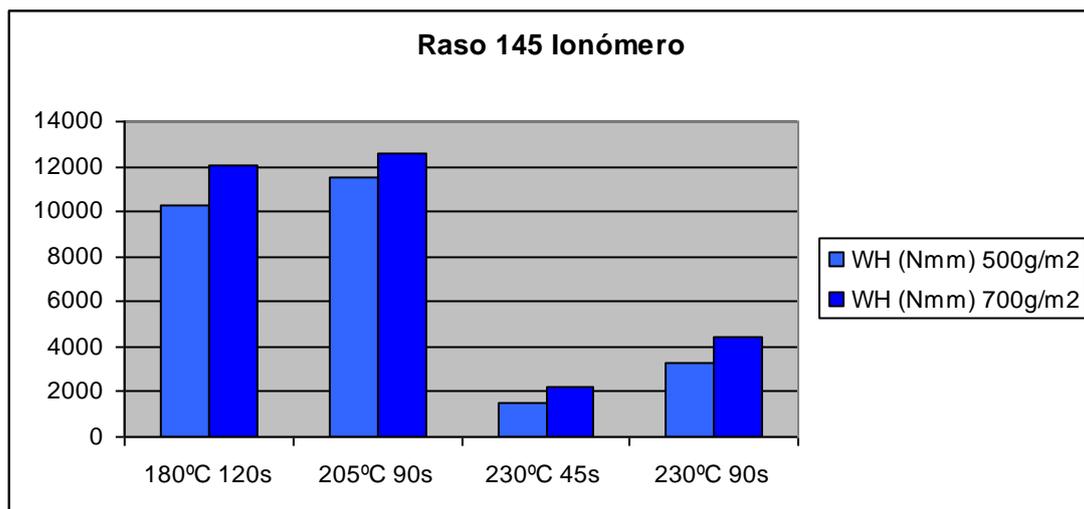
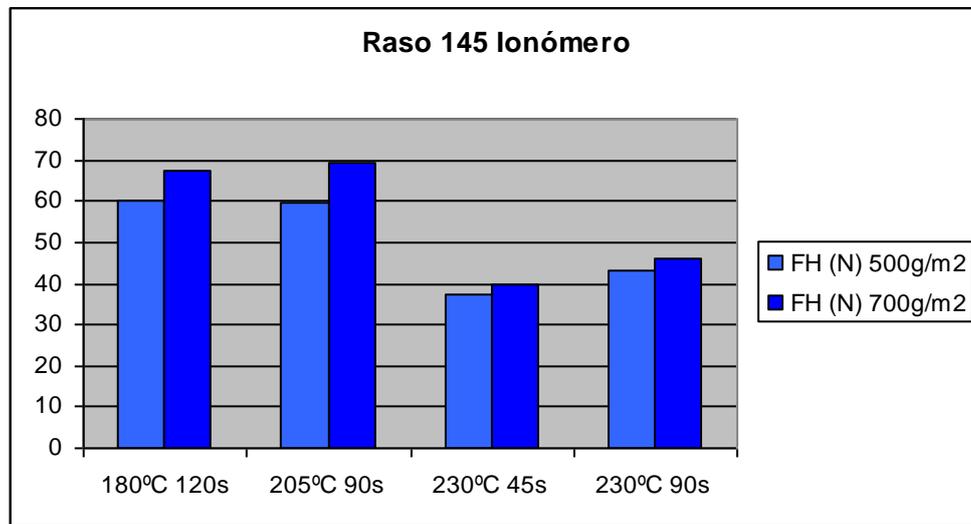


5.5.2. Comparación para el sustrato de poliéster raso 145 de la carga máxima soportada FH (N) y del trabajo total de fractura WH (Nmm) para los distintos gramajes testados.









6. CONCLUSIONES

- Grado de adhesión en función de las condiciones de proceso. Las condiciones óptimas de proceso que implican un mayor grado de adhesión (mayor trabajo total de fractura) del laminado son las siguientes:

Sustrato superior e inferior: Algodón (Sabana 115)

g/m ²	LDPE		HDPE		EVA		IONÓMERO		HOT MELT	
	Temp. °C	Tiempo (s)								
300									(1)	(1)
500	205	90	(1)	(1)	205	90	230	90	(1)	(1)
700	205	90	(1)	(1)	205	90	230	90		

Sustrato superior e inferior: Poliester (Raso 145)										
g/m ²	LDPE		HDPE		EVA		IONÓMERO		HOT MELT	
	Temp. °C	Tiempo (s)								
300									(1)	(1)
500	205	90	205	90	205	90	205	90	(1)	(1)
700	205	90	205	90	205	90	205	90		

(1) La adhesión es máxima para todas las condiciones de proceso probadas. No es posible deslaminar las muestras para realizar el ensayo de tracción.

- Grado de adhesión en función del sustrato.

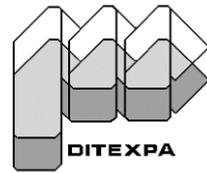
Se consiguen mayores adhesiones en el sustrato de algodón que en el de poliéster.

- Grado de adhesión en función del gramaje aplicado.

Mejores adhesiones para gramajes de 700 g/m² que de 500 g/m²
Grado de adhesión en función del termoplástico de laminación.

El orden de mayor a menor adhesión sería el siguiente:

- 1.- HOT MELT
- 2.- HDPE
- 3.- EVA



4.- IONÓMERO

5.- LDPE

7. BIBLIOGRAFIA

- Extrusion Coating Manual**, Fourth Edition Edited by Thomas Bezigian
Adhesion and Bonding to Polyolefins Autor D. M. Brewis, I. Mathieson
The Plastics Engineer's Data Book Autor Alan Birkett Glanvill
Plastics Extrusion Technology Autor Allan L. Griff
Coating and Drying Defects Autor Edgar B. Gutoff, Edward D. Cohen, Gerald I. Kheboian
Tufted Carpet Autor Von Moody, Howard L Needles, Knovel
Extrusion Coating a Process Manual Autor B. H. Gregory
Coating and Laminating Machines Autor Herbert L. Weiss
Extrusion Autor Giles, Harold F. Giles, Jr., Harold F. Giles, John R. Wagner, John R. Wagner, Jr., Eldridge M.
Ciencia de los polímeros Autor Fred W. Billmeyer, Billmeyer
Guía de los materiales plásticos Autor Hellerich / Harsch / Haenie, Hanser Publishers.
Introducción a la química de los plásticos, Autor Henri Ullrich, SPE Books from Hanser Publishers.
Polymeric Material and Processing, Plastics, Elastomers and Composites Autor Jean-Michael Carrier, Hanser Publishers.
Rosato's Plastics Encyclopedia an Dictionary Hanser Publishers.
Plastics Materials Autor J.A. Brydson, 5a. Edición, Butterworths.
Plastics for engineers, Hans Domininghaus, Hanser Publishers.
Polymer Extrusion, Chris Rauwendaal, Hanser Publishers.
Plastics extrusion technology Autor Friedhelm Hensen, Hanser Publishers.