

(19) ES	(11) NÚMERO 532952	(10) A1
(21)	(22) FECHA DE PRESENTACION 30 MAYO 1982	



ESPAÑA

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NÚMERO		
355.741	8 marzo 1982	Estados Unidos
390.683	21 junio 1982	Estados Unidos

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(52) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
Int. Cl. ³	B29D 7/24	520.220/5

(54) TITULO DE LA INVENCION

"MEJORAS INTRODUCIDAS EN UN PROCEDIMIENTO DE TERMOFORMACION EN UN MOLDE DE UNA PRIMERA LAMINA DE POLI(TEREFTALATO DE ETILENO)"

(71) SOLICITANTE (S)

E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

Wilmington, Delaware 19898 - Estados Unidos

(72) INVENTOR (ES)

Edward Hatchadoorian; George J. Ostapchenko;
James L. Patton; Harlan S. Young.

(73) TITULAR (ES)

La Solicitante

(74) REPRESENTANTE

D. Julio HERRERO ANTOLIN

1

RESUMEN DE LA INVENCION

5

10

15

20

Láminas de poli(tereftalato de etileno) reforzadas son termoformadas en artículos que presentan una o más de las superficies en contacto con el molde de un grado de lisura tal que virtualmente reproducen por completo la cara del molde. Cuando la cara del molde es completamente lisa, las imperfecciones cóncavas causadas por el aire atrapado en el material plástico ocupan menos del 6 % del área superficial. Se fabrican artículos compuestos constituidos por un elemento frontal y un elemento de soporte por termoformación en un solo molde de un elemento frontal con una o más superficies en contacto con la cara del molde de tal grado de lisura que reproduce completamente la cara del molde y su proporción de imperfecciones cóncavas es inferior a alrededor del 6 % del área superficial. El elemento de soporte es unido al elemento frontal en el molde con un adhesivo y la estructura compuesta se deja permanecer en el molde durante un tiempo suficiente para permitir su extracción posterior sin deformaciones. Las láminas poliméricas iniciales presentan una cristalinidad inferior al 5 % aproximadamente pero el artículo termoformado se deja en el molde hasta que cristaliza al grado deseado.

25

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un procedimiento de ter-

1 moformación de láminas poliméricas reforzadas y a la for-
mación de estructuras compuestas donde por lo menos una
superficie externa reproduce exactamente la superficie del
molde.

5 Los artículos termoformados realizados con láminas
poliméricas termoplásticas encuentran aplicación, entre
otras, en la industria del automóvil así como en otras
industrias. Debido a que el plástico ofrece un considera-
ble ahorro de peso sobre los metales, se ha utilizado ca-
10 da vez más para la fabricación de diversas piezas del auto-
móvil que anteriormente eran estampadas en chapa de acero.
Sin embargo, no han tenido mucha aceptación los paneles de
carrocería de plástico, principalmente debido a su aspecto
poco satisfactorio, que es debido en parte a los defectos
15 causados por el aire atrapado entre la lámina de plástico
de partida y la superficie adyacente del molde. Cuando la
lámina es muy blanda, tiende a desplomarse sobre la super-
ficie del molde antes de que pueda ser expulsado todo el
aire y las bolsas de aire resultantes producen imperfeccio-
20 nes sobre la superficie de la lámina. Esto es especialmen-
te cierto en el caso de la termoformación por embutición
somera. Cuando la lámina es demasiado dura, no puede repro-
ducir exactamente la superficie del molde y tiene un aspec-
to bastante áspero. Estos defectos son exagerados cuando la
25 pieza termoformada se pinta. Véase, por ejemplo, el artículo

1 titulado "Detroit moves closer to plastic body panels"
en el número de Marzo de 1979 de la revista Business
Week, págs. 84F y 84G, la nota titulada "Cosmetic repair
of SMC produces Class A finish" en la pág. 74 del número
5 de Abril de 1979 de Plastics World, y la discusión de la
calidad de la superficie en la pág. 74 del número de Noviem-
bre de 1980 de Plactics World. En todos estos textos, se
sugiere que las imperfecciones superficiales puedan ser
corregidas mediante un revestimiento posterior.

10 Aparece otro problema cuando la lámina termoformada
se adhiere a una lámina de soporte, que puede servir como
elemento reforzante y puede estar estriada o acanalada para
presentar mayor resistencia y rigidez. Frecuentemente, pue-
den verse los puntos o zonas de unión de la lámina de sopor-
15 te cuando se contempla la cara externa de la lámina frontal.
Este fenómeno puede ser causado por la práctica de efectuar
la unión a una temperatura a la cual ambos elementos se en-
cuentran a su temperatura de transición vítrea o por encima
de ella y no están cristalizados. Puede evitarse este efec-
20 to utilizando un adhesivo adecuado, que pueda proporcionar
a temperaturas moderadas estructuras compuestas con buena
integridad estructural.

25 Por lo tanto, es conveniente poder termoformar lám-
nas de poli(tereftalato de etileno) reforzado (PET) en ar-
tículos que presenten como mínimo una superficie lisa, re-

1 producción exacta de la superficie del molde, sin imperfecciones y formar compuestos que, además de tener por lo menos una superficie de este tipo, no presenten el defecto de que se vean los puntos o zonas de unión.

5

COMPENDIO DE LA INVENCION

De acuerdo con esta invención, se proporciona ahora, en un procedimiento de termoformación, una lámina de poli(tereftalato de etileno) con una cristalinidad del 0-5 % aproximadamente y un espesor de 0,76-3,2 mm aproximadamente, precalentada a una temperatura de unos 80-130°C, a una relación de estiraje inferior a 1,8 aproximadamente, definida como la relación entre el espesor inicial de la lámina y el espesor mínimo de pared del artículo termoformado, y a una diferencia de presiones de aproximadamente 200-2000 kPa, en un molde que presenta por lo menos una superficie adyacente a la citada lámina de una rugosidad media R_A de 0,1-0,8 μm aproximadamente, la mejora que produce un artículo termoformado en el que esencialmente toda su superficie en contacto con la citada superficie del molde presenta una R_A de 0,1 a 0,8 μm aproximadamente y el índice de imperfecciones ópticas cóncavas de la citada superficie es inferior al 6 % aproximadamente del área superficial, determinado por análisis de imágenes utilizando un microscopio de 70 aumentos, mejora que comprende las siguientes etapas:

1 (A) Expulsar el aire del espacio comprendido entre la citada superficie del molde y la lámina termoplástica a través de por lo menos un respiradero situado en la citada superficie del molde, para permitir un contacto
5 total de la superficie del molde con la lámina citada;

(B) mientras se aplica una presión de aire a la cara posterior de la citada lámina, poner esta lámina, antes de que la cristalinidad de su poli(tereftalato de etileno) pase del 15 % aproximadamente, en contacto total con
10 la citada superficie del molde, mantenida a una temperatura de unos 130-180°C, para permitir que la lámina polimérica reproduzca totalmente la superficie del molde,

(C) mantener la citada lámina en contacto con el molde a una temperatura de 130-180°C, por lo menos hasta
15 que el polímero de la lámina alcanza un grado de cristalinidad suficiente para permitir el desmoldeo sin deformación y

(D) desmoldear el artículo termoformado;
con la condición de que la lámina de poli(tereftalato de etileno) está reforzada con una carga mineral y,
20 cuando está así reforzada, presenta un módulo de tracción a 100°C, determinado como promedio de la dirección de la máquina y la dirección transversal, comprendido entre 7
y 70 MPa aproximadamente, por el método ASTM D-638.

25 Además, también se proporciona en un procedimiento

1 de termoformación en un molde de una primera lámina de
poli(tereftalato de etileno), con una cristalinidad de
0-5 % aproximadamente y un espesor de 0,76-3,2 mm aproxi-
madamente, precalentada a una temperatura de unos 80-130°C
5 a una relación de estiraje inferior a 1,8 aproximadamente,
definida como la relación entre el espesor de la lámina
inicial y el espesor mínimo de pared del artículo termo-
formado, teniendo la superficie del molde adyacente a la
citada lámina una rugosidad media, R_A , de 0,1 a 0,8 μm apro-
ximadamente, y una segunda lámina de soporte reforzante
10 de poli(tereftalato de etileno) y adherir la segunda lámi-
na a la primera mientras ambas láminas se encuentran en el
molde,

la mejora, que hace que la primera lámina presente
15 esencialmente en toda su superficie no adherida una R_A de
0,1 a 0,8 μm aproximadamente, siendo el índice de imperfec-
ciones ópticas cóncavas de la citada superficie inferior
al 6 % aproximadamente del área superficial, determinado
por análisis de imágenes utilizando un microscopio de 70
20 aumentos, y cuya mejora comprende las siguientes opera-
ciones:

(A) expulsar simultánea o consecutivamente el aire
de los espacios comprendidos entre las láminas y las super-
ficies del molde adyacentes a ellas, mantenidas a una tem-
25 peratura de unos 130 a 180°C, a través de por lo menos un

1 respiradero situado en cada superficie del molde,

(B) mientras se aplica una presión de aire entre
ambas láminas, formar ambas láminas en las configuraciones
deseadas mientras la primera lámina tiene una cristali-
5 dad del poli(tereftalato de etileno) del orden del 15 %
como máximo, para permitir que el polímero de la primera
lámina reproduzca totalmente la superficie del molde,

(C) mantener ambas láminas en contacto con las su-
perficiees calientes del molde por lo menos hasta que el
10 polímero de cada lámina alcance un grado de cristalinidad
suficiente para permitir la adhesión sin deformación,

(D) adherir la segunda lámina a la primera empleando
un adhesivo, mientras la primera lámina está en contacto
con el molde,

15 (E) mantener la primera lámina en contacto con el
molde hasta que la estructura adherida puede ser desmoldea-
da sin deformación y

(F) desmoldear el artículo adherido;
con la condición de que la primera lámina está
20 reforzada con una carga mineral y, cuando está así refor-
zada, tiene un módulo de tracción a 100°C, determinado co-
mo promedio de la dirección de la máquina y la dirección
transversal, comprendido aproximadamente entre 7 y 70 MPa,
de acuerdo con el método ASTM D-638.

25

1 DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

 Una lámina de PET con una cristalinidad del 0-5 %
aproximadamente se considera amorfa para todos los fines
prácticos. La cristalinidad se determina a partir de la
5 densidad de la lámina, como se explica más adelante en es-
ta memoria. Cuando una lámina de PET amorfa se calienta a
una temperatura de unos 80-130°C, permanecerá sustancial-
mente amorfa durante un periodo de varios segundos a varios
minutos pero entonces comenzará a cristalizar sustancial-
10 mente. La precalefacción debe ser uniforme para evitar pun-
tos calientes localizados y preferiblemente debe realizarse
se con rapidez.

 La termoformación de artículos a partir de láminas
poliméricas es muy conocida. Una lámina polimérica se ca-
15 lienta por encima de su temperatura de ablandamiento, se in-
troduce en un molde caliente y se pone en contacto con las
paredes del molde mediante el empleo de vacío, presión o
una combinación de ambos. Se encuentran descripciones de
procedimientos y equipos de termoformación típicos, por
20 ejemplo, en las patentes estadounidenses 3.935.358 y
3.982.877, ambas de N.C. Wyeth y col. En el caso del PET
reforzado, de acuerdo con esta invención, es importante
que todo el aire sea expulsado del espacio situado entre
la superficie del molde que ha de ser exactamente reprodu-
25 cida y la lámina de PET. Esto puede conseguirse mediante el

1 empleo de vacío antes o al mismo tiempo que la aplicación
del aire a presión sobre la cara posterior de la lámina o
simplemente mediante el uso de aire a presión sólo. Habi-
tualmente, se utiliza a la vez vacío y aire a presión pa-
5 ra conseguir una superficie termoformada de calidad satis-
factoria. La diferencia de presiones óptima depende entre
otras cosas del módulo de tracción de la lámina de PET con
carga, de manera que la diferencia de presiones requerida
aumenta con el módulo pero no necesariamente en proporción
10 directa. Como regla de la vieja, una diferencia de presio-
nes de

$$\Delta P (\text{kPa}) = \frac{\text{Módulo de tracción (MPa)}}{7} \times 200$$

15 dará siempre resultados satisfactorios pero algunas veces
también pueden obtenerse artículos termoformados de la cali-
dad deseada a una diferencia de presiones más baja. Siempre
que las medidas se realicen o los resultados se obtengan en
unidades diferentes de las IS (métricas), deben ser conver-
20 tidas en unidades IS. Así, kPa significa kilopascales y MPa
megapascales.

La carga mineral puede ser cualquier material eficaz
como agente reforzante. La mayoría de estos materiales se
encuentran en forma de fibras, por ejemplo fibras de vidrio,
25 fibras de grafito y fibras de cuarzo; otros se encuentran

1 en forma de plaquetas, por ejemplo diversos tipos de mica; todavía otros pueden ser granulados, por ejemplo
esferas de vidrio, negro de humo, sulfato cálcico y dióxido de titanio. Una carga es un agente reforzante efectivo
5 cuando la composición cargada presenta una resistencia a la tracción y un módulo de tracción más altos que el polímero base sin carga. La proporción de carga reforzante varía pero normalmente es alrededor del 5 al 50 % del peso de la composición total, preferiblemente del 10 al
10 35 %. La carga preferida son las fibras de vidrio, especialmente las que presentan una relación media de longitud a diámetro de 10 como mínimo. En general, las cargas con una relación de aspecto de 10-35 son materiales reforzantes muy eficaces. La relación de aspecto es la relación
15 entre la dimensión máxima y la mínima.

El material reforzante comunica a la composición cargada a la temperatura de termoformación una rigidez suficiente para permitir la eliminación prácticamente completa del aire del espacio entre la superficie del
20 molde y la lámina antes de que se establezca un contacto total de la lámina con el molde, especialmente en los moldes de embutición somera, donde la relación del espesor inicial de la lámina al espesor mínimo de pared del artículo formado es 1,3 o menos. En este contexto, un contacto
25 total no significa simplemente adaptar la forma de la

1 lámina a la forma del molde sino que haya como mínimo
un 94 % de todos los puntos de la superficie de la lámina
en contacto con la superficie del molde de manera que ca-
da detalle de la superficie del molde sea reproducido so-
5 bre la lámina y el índice de imperfecciones ópticas cóncavas sea inferior al 6 % del área. El índice de imperfeccio-
nes ópticas cóncavas es un valor experimental que indica
la proporción de área superficial total que está ocupada
por microporos debidos al aire atrapado. La mejor forma de
10 medirlo es por análisis cuantitativo de imágenes utilizando el equipo QMS de Bausch & Lomb, que proporciona una in-
terpretación rápida y precisa de la exploración. En la
práctica, se exploran 20 superficies rectangulares selec-
cionadas al azar, de 1,4 x 1,9 mm, y se calcula el valor
15 medio. Debido a que el material de la lámina debe mojar por completo a la superficie del molde, es importante poner en
contacto la lámina y el molde mientras el polímero de la
lámina es todavía sustancialmente amorfo y blando; es de-
cir, antes de que se produzca una cristalización importan-
20 te. Este requisito limita la relación de estiraje máxima porque a relaciones de estiraje superiores a 1,8 aproxima-
damente, la cristalinidad inducida por la tensión impide
un flujo adecuado del polímero para ponerse en contacto
con toda la superficie. El contacto de la lámina con el mol-
25 de se mantiene después hasta que la cristalización ha alcan-

1 zado un nivel suficientemente alto para permitir el des-
moldeo sin deformación.

 Aunque los inventores no desean quedar ligados por
ninguna teoría científica específica, parece ser que el
5 éxito de esta invención depende en alto grado de la capa-
cidad del polímero de la matriz de la lámina PET de fluir
a través del material de carga desde la cara posterior has-
ta la cara frontal, de manera que pueda esperarse que la
lámina termoformada contenga una cantidad de material po-
10 limérico mayor en su cara frontal. Ciertas técnicas analí-
ticas parecen apoyar esta teoría; estas son: la reflectancia
total atenuada (RTA), que se basa en las proporciones re-
lativas de radiación reflejada y absorbida; la difracción
de rayos X, que se basa en el hecho de que la intensidad
15 del diagrama de difracción depende de la concentración de
la fase cristalina en la composición multifásica total;
y el análisis químico por espectroscopía electrónica (ACES),
que permite determinar con precisión la proporción de sili-
cio a cada lado de una lámina de PET cargada con fibra de
20 vidrio. Naturalmente, la concentración de silicio es pro-
porcional a la proporción de vidrio.

 Con frecuencia ha resultado aconsejable modificar
todavía más la composición por adición de otro material
polimérico al PET, es decir, o un dipolímero de etileno
25 con un ácido carboxílico etilénicamente insaturado o un

1 terpolímero de etileno con un ácido carboxílico insa-
turado y con un éster de un ácido carboxílico etilénica-
mente insaturado o con un éster vinílico. La proporción
del ácido carboxílico en el dipolímero es alrededor del
5 2 al 20 % en peso y las proporciones respectivas del
ácido carboxílico y del éster en el terpolímero son alre-
dedor del 1 al 30 % en peso de cada uno de ellos y la can-
tidad del dipolímero o terpolímero es alrededor del 1 al
20 %, calculada sobre el peso de la composición poliméri-
ca reforzada final. Los grupos carboxílicos del dipolíme-
ro o terpolímero pueden ser libres o pueden estar conver-
tidos en su forma salina, siendo el catión un ion metáli-
co divalente. Los iones metálicos adecuados son, entre
10 otros, los de calcio, cinc y magnesio. Estos polímeros
carboxilados parcial o totalmente neutralizados son muy
15 conocidos bajo el nombre genérico de "ionómeros". La
preparación de estos materiales está descrita, entre otras
referencias, en las patentes estadounidenses 3.264.272 de
Rees y 3.639.527 de Brinkmann y col. y algunos ionómeros
20 se encuentran en el mercado. Los ácidos carboxílicos insa-
turados típicos incluyen los ácidos acrílico, metacrílico,
maleico y fumárico, los ácidos 3-butenico y 4-pentenoico
y los ácidos itacónico y aconítico. Los ésteres típicos
25 incluyen, por ejemplo, acrilato de metilo, metacrilato
de etilo, acrilato de isobutilo, fumarato de dietilo, malea-

1 to de dimetilo y acetato de vinilo. La cantidad preferida del copolímero o terpolímero de ácido carboxílico es alrededor del 3 al 10 % del peso de la composición polimérica reforzada.

5 Los valores representativos del módulo de tracción a 100°C para las láminas de PET reforzadas con fibra de vidrio están dadas a continuación. En todos los casos, la cristalinidad de las muestras a ensayar es inferior al 5 % aproximadamente, en el momento en que se realizaron las medidas. A cristalinidades más altas, los módulos serían mayores.

	Composición, % en peso vidrio/ionómero/PET			Módulo de tracción medio a 100°C, MPa
	0	0	100	1,72
15	29	6	65	21,7
	32	6	62	30,1
	36	6	58	34,1
	20	0	80	25,1
	32	0	68	38,3

20 Los valores del módulo de tracción dependen hasta cierto punto del método empleado para preparar las composiciones de PET cargadas. Por ejemplo, las composiciones preparadas en una extruidora de doble hélice (como las anteriores) cabe esperar que presenten unos módulos de tracción menores que las preparadas en una extruidora de

25

1 una sola hélice, ya que en la primera se producen más roturas del material de carga (especialmente de la fibra de vidrio) que en la segunda.

5 La termoformación de una lámina de PET reforzado puede realizarse fácilmente en un equipo convencional, por ejemplo como el descrito en las Figuras 1 a 5. La Figura 1 es una vista lateral de un molde de termoformación horizontal, que puede ser montado en una prensa hidráulica de mesa con una placa estacionaria 4 y una placa
10 móvil 3. La placa 4 lleva el elemento de molde 8 y la placa 3 lleva el elemento de molde 7. El canal 10 perforado a través del elemento 8, que comunica con el canal 10a situado centralmente, está conectado a una fuente de aire comprimido (no mostrada). Un canal 11 similar, perforado a través del elemento 7 que
15 comunica con un canal 11a situado centralmente, está conectado a una fuente de vacío (no mostrada). El elemento de molde 7 lleva una placa de molde esférica 13 que se mantiene en su sitio mediante la mordaza 9. La mordaza 9 dispone alrededor de su circunferencia de un reborde 29 que está alineado con la ranura circular 16 del elemento de molde 8 para proporcionar un cierre perimetral durante la operación. La placa de molde 13 dispone en su cara posterior de una ranura anular 25 que interseca con pequeños agujeros 23 distribuidos regularmente alrededor del perímetro de
20
25

1 la placa de molde 13. Los agujeros 23, que está conecta-
dos al canal de vacío 11 mediante la ranura anular 25 y
el conducto 27, sirven para aplicar vacío a la cara de
la placa de molde 13.

5 Cada elemento de molde se calienta con varillas
eléctricas que disponen de controles independientes y pue-
den ser mantenidas a temperaturas diferentes dentro de la
región de 130 a 180°C aproximadamente.

10 La Figura 2 es una vista frontal del mismo molde de
termoformación. Esta figura muestra, entre otras, las vari-
llas de calefacción 18 y 31, los canales de aire comprimido
10 y 10a, los canales de vacío 11 y 11a y los pares termo-
eléctricos 20 y 33.

15 En funcionamiento, la lámina 35 de poli(tereftalato
de etileno) reforzado es precalentada en una prensa plana
a una temperatura de unos 80-130°C y después transferida
al molde de termoformación, como muestra la Figura 3. Si
se desea, el precalentamiento puede realizarse en otros ti-
pos de equipo calefactor o incluso en el molde de termofor-
20 mación propiamente dicho. Después el elemento de molde 7
se eleva hidráulicamente hasta entrar en contacto con el
elemento de molde 8. Como muestra la Figura 4, esto cierra
la mordaza 9 contra el elemento de molde 8 para realizar
un cierre perimetral hermético. A continuación el elemento
25 de molde 7 es evacuado por el canal 11. Esto hace que la

1 lámina 35 se adapte en general, pero no por completo,
al contorno del elemento de molde 7 y especialmente a la
placa de molde 13. Ahora se aplica presión a través de
5 los canales 10 y 10a. De esta forma la lámina 35 es for-
zada contra la cara del elemento de molde 7 y especial-
mente de la placa de molde 13 y adquiere su forma final,
adaptándose a la placa de molde 13, como muestra la Figu-
ra 5. Entonces se alivia la presión y la lámina se deja
10 en el molde hasta que se ha alcanzado el grado deseado
de cristalinidad. Se elimina el vacío y se abre el molde
para sacar el artículo termoformado.

15 La lámina de PET reforzado inicial normalmente tiene
una superficie rugosa y, de acuerdo con la cantidad de agen-
te reforzante mineral, puede ser bastante rígida. Para ter-
moformar un artículo con una superficie muy lisa, es ne-
cesario mantener las condiciones adecuadas de temperatura
y presión no sólo para permitir que la lámina adopte la
forma del molde sino también para permitir que el material
20 polimérico fundido fluya a través del agente reforzante
con objeto de establecer un contacto esencialmente comple-
to con el molde.

25 Se realizaron varios experimentos para estudiar los
diversos parámetros que afectan a la operabilidad del pro-
ceso de termoformación de una lámina única de acuerdo con
esta invención. Para este fin se utilizó una lámina de po-

1 li(tereftalato de etileno) reforzada con fibra de vi-
drio, conteniendo también opcionalmente el ionómero
"Surlyn" 1855 de DuPont. Con fines comparativos, también
se ensayó un PET sin reforzar. En todos los casos, la lá-
5 mina de PET se extruyó en una extruidora convencional de
doble hélice, mantenida a una temperatura del tambor de
265-270°C, a través de un troquel calentado a 275°C y
se recogió en un acabador de 3 cilindros normal, manteni-
do a unas temperaturas de 25°, 52° y 25°C, respectivamen-
10 te, en el cilindro superior, central e inferior. La lámi-
na tenía un espesor medio de 60 mils (1,524 mm) y una
cristalinidad inferior al 5 %, determinada por medida de
su densidad. El poli(tereftalato de etileno) era la re-
sina "Cleartuf" 7202A de Goodyear, con una viscosidad in-
15 herente de 0,72 dl/g, determinada a 25°C a una concentra-
ción de 0,32 g/100 ml en una mezcla de 25 % en volumen de
ácido trifluoracético y 75 % en volumen de cloruro de me-
tileno y las fibras de vidrio eran fibras cortadas Fi-
berglass 416 x 15 de Owens-Corning, de 3/16" (4,8 mm) de
20 longitud.

De la lámina inicial se cortaron láminas de 6 x 6"
(15,24 x 15,24 cm) que se utilizaron en los ensayos. La
rugosidad superficial de ambas caras de las láminas se de-
25 terminó con un perfilómetro, tanto en la dirección de la
máquina (DM) como en la dirección transversal (DT). El per-

1 filómetro utilizado en estos experimentos recorre una
distancia de 2,5 cm a través de la superficie de la lá-
mina y genera un índice de rugosidad medio, R_a , en micro-
pulgadas o en micrometros. La superficie de una lámina
5 debe estar plana durante la medida.

El molde de termoformación corresponde al represen-
tado en las Figuras 1 a 5, donde la placa de molde 13
tiene un diámetro de 4,1" (10,25 cm) y la mordaza 9 tiene
una altura efectiva (excluido el reborde 29) de 0,28 cm.
10 La superficie de la placa de molde 13 tiene una rugosi-
dad media, R_a , de 0,016" (0,4 μ m). El material de la pla-
ca del molde es aluminio 6061. La temperatura del molde
era de 140°C. Se estudiaron los siguientes parámetros:
15 composición de la lámina, temperatura y tiempo de precale-
facción y vacío y presión en la termoformación. Los resul-
tados de estos ensayos se encuentran en la siguiente Tabla I.
En todos los casos se aplicaron vacío y presión, primero
se aplicó el vacío y la presión se aplicó 3 segundos más
tarde, excepto en el Ejemplo 15 donde el vacío se aplicó
20 9 segundos más tarde. En todos los casos, la relación de
estiraje, determinada de acuerdo con la definición dada en
esta memoria, era 1,05.

25

1

TABLA I

	Muestra núm.	Composición			Precalentación	
		Vidrio/ionómero/PET			T, °C	t, seg.
5	1	0	0	100	25	-
	2	0	0	100	60	10
	3	0	0	100	80	20
	4	0	0	100	100	20
	5	0	0	100	110	20
10	6	0	0	100	130	10
	7	0	0	100	140	10
	8	0	0	100	110	20
	9	0	0	100	110	20
	10	0	0	100	110	20
15	11	0	0	100	110	20
	12	29	6	65	25	-
	13	29	6	65	110	15
	14	29	6	65	140	15
	15	29	6	65	110	15
20	16	29	6	65	110	15
	17	29	6	65	110	15
	18	29	6	65	110	15
	19	29	6	65	110	15
	20	29	6	65	110	15
25	21	29	6	65	110	15

1

TABLA I (continuación)

Muestra núm.	Composición			Precalentación			
	Vidrio/ionómero/PET			T, °C	t, seg.		
5	22	32	6	62	110	15	
	23	32	6	62	110	15	
	24	32	6	62	110	15	
	25	36	6	58	110	15	
	26	20	0	80	25	-	
10	27	20	0	80	110	15	
	28	32	0	68	25	-	
	29	32	0	68	110	15	

Muestra núm.	Vacío		Presión		IIOC*	
	Pulgadas Hg	kPa	psi	kPa	Area, %	
15	1	30	101	100	690	**
	2	30	101	6	690	**
	3	30	101	100	690	**
	4	30	101	100	690	**
	5	30	101	100	690	**
20	6	30	101	100	690	**
	7	30	101	100	690	**
	8	30	101	60	414	**
	9	20	67	100	690	**
25	10	-	-	100	690	**
	11	30	101	-	-	**

1

TABLA I (continuación)

Muestra núm.	Vacío	Presión			IIOC*	
	Pulgadas Hg	kPa	psi	kPa	Area, %	
12	30	101	100	690	1,93	
5	13	30	101	100	690	2,29
	14	30	101	100	690	32,3
	15	30	101	100	690	4,76
	16	10	33	100	690	2,87
	17	15	50	100	690	3,52
10	18	30	101	80	552	2,40
	19	30	101	40	276	8,27
	20	-	-	-	690	5,81
	21	30	101	-	-	57,8
	22	30	101	100	690	1,76
15	23	15	50	100	690	4,14
	24	30	101	80	552	7,24
	25	30	101	100	690	9,17
	26	30	101	100	690	1,53
20	27	30	101	100	690	2,88
	28	30	101	100	690	1,89
	29	30	101	100	690	1,17

* IIOC: índice de imperfecciones ópticas cóncavas

** Grandes áreas de la superficie retuvieron la rugosidad inicial de la lámina debido a que el aire atrapado impidió el contacto total de la lámina con el molde. El resultado fué que estas muestras presentaban grandes im-

25

1 perfecciones de tamaños comprendidos entre 1 mm y va-
 rios centímetros, que resultaban inmediatamente visi-
 bles a simple vista.

5 Como puede advertirse en la tabla anterior, todas la
 láminas de PET sin reforzar dieron resultados no satis-
 factorios. Las láminas de PET reforzado fueron termofor-
 madas a un producto acabado de baja rugosidad superficial
 y bajo índice de imperfecciones ópticas cóncavas (IIOC).
10 Los datos de la rugosidad superficial se encuentran en la
 siguiente Tabla II.

TABLA II

Muestra núm.	Superficie inicial, Ra μ m				
	Cara coméstica*		Cara posterior		
	DM	DT	DM	DT	
15	1	0,33	0,43	0,30	0,43
	2	0,33	0,28	0,36	0,30
	3	0,38	0,41	0,41	0,36
	4	0,51	0,46	0,43	0,30
	5	0,51	0,64	0,51	0,25
20	6	0,48	0,41	0,33	0,38
	7	0,61	0,51	0,30	0,30
	8	0,51	0,46	0,25	0,30
	9	0,56	0,43	0,33	0,25
	10	0,56	0,46	0,36	0,36
25	11	0,46	0,30	0,30	0,36
	12	4,32	5,33	4,57	4,57

1

TABLA II (continuación)

		Superficie inicial, Ra μm			
		Cara cosmética*		Cara posterior	
	Muestra núm.	DM	DT	DM	DT
5	13	3,81	4,32	4,57	4,57
	14	4,32	4,06	5,08	4,83
	15	4,32	4,32	5,08	5,33
	16	5,08	5,33	5,33	5,59
	17	4,06	4,32	5,08	5,33
10	18	5,08	5,33	5,33	5,33
	19	3,81	4,06	4,83	5,33
	20	5,08	5,59	5,08	4,83
	21	4,32	3,81	5,08	4,57
	22	5,84	6,10	6,10	6,10
15	23	6,10	6,10	4,57	4,83
	24	6,35	6,86	5,59	6,35
	25	5,59	6,10	5,33	5,08
	26	4,06	4,06	1,78	2,03
	27	5,08	5,33	1,78	2,29
20	28	7,11	8,13	6,35	5,84
	29	6,60	6,60	5,84	5,59

--

25

1

TABLA II (continuación)

Muestra núm.		Superficie inicial, Ra μm			
		Cara cosmética*		Cara superior	
		DM	DT	DM	DT
5	1	0,20	0,23	0,18	0,20
	2	0,30	0,33	0,25	0,43
	3	0,23	0,20	0,20	0,15
	4	0,30	0,30	0,20	0,20
	5	0,33	0,36	0,38	0,25
10	6	0,25	0,36	0,46	0,46
	7	0,36	0,28	0,64	0,64
	8	0,23	0,23	0,46	0,43
	9	0,28	0,41	0,46	0,51
	10	0,28	0,30	0,71	0,76
15	11	0,33	0,46	0,64	0,56
	12	0,38	0,33	4,57	5,33
	13	0,33	0,36	4,83	4,06
	14	0,33	0,38	1,27	1,14
	15	0,43	0,56	4,57	4,06
20	16	0,41	0,41	3,81	4,06
	17	0,38	0,36	4,57	4,83
	18	0,36	0,33	3,56	3,56
	19	0,46	0,58	3,81	3,56
	20	0,41	0,76	3,56	3,30
25	21	2,54	2,29	4,06	3,81

1

TABLA II (continuación)

		<u>Superficie inicial, Ra μm</u>			
		<u>Cara cosmética*</u>		<u>Cara superior</u>	
<u>Muestra</u>	<u>núm.</u>	<u>DM</u>	<u>DT</u>	<u>DM</u>	<u>DT</u>
5	22	0,36	0,33	2,79	3,30
	23	0,46	0,38	4,06	4,83
	24	0,56	0,61	3,81	5,08
	25	0,64	0,66	5,08	4,57
	26	0,33	0,33	4,83	5,08
10	27	0,36	0,38	2,79	3,56
	28	0,41	0,41	5,59	5,33
	29	0,46	0,51	5,08	5,08

* "Cara cosmética" es la cara en contacto con la superficie del molde 13 (Figuras 1-5), para la cual se desea un bajo IIOC y un bajo R_a .

15

A la temperatura del molde, la cristalinidad de la lámina de PET aumenta con el tiempo hasta que alcanza una meseta.

20

El grado de cristalinidad de la lámina plástica reforzada cristalizada se determina mediante medidas de la densidad, como sigue:

En primer lugar, se calcula la densidad de la lámina a partir de la siguiente ecuación:

$$D_2 = X_2 / (1/D_s - X_1/D_1)$$

25

donde D_2 = densidad del polímero

- 1 X_2 = fracción ponderal del polímero
 D_s = densidad de la lámina compuesta de muestra
 D_1 = densidad del agente reforzante
 X_1 = fracción ponderal del agente reforzante.

- 5 La densidad de la lámina compuesta se determina
 midiendo la pérdida aparente de peso mientras la lámina se
 sumerge en agua destilada y desaireada y utilizando la si-
 guiente ecuación:

$$D_s = D_H (WA / (WA - WH))$$

- 10 donde D_H = densidad del agua tomada como 1,0
 WA = peso de la muestra en el aire
 WH = peso de la muestra en agua

 El porcentaje de cristalinidad se determina utilizan-
do la siguiente ecuación:

15 $\text{Cristalinidad porcentual} = [(D_2 - DA) / (DC - DA)] \times 100$

 donde DA = densidad del polímero amorfo

 DC = densidad del polímero cristalino a 100 %

 Para PET, DA = 1,333 g/cm³ y

 DC = 1,455 g/cm³.

- 20 La Figura 6 es un gráfico que representa la relación
 entre la cristalinidad de la lámina PET y el tiempo en se-
 gundos, contado a partir del cierre del molde (la mordaza 9
 se cierra contra el elemento de molde 8, como muestra la
 Figura 4). Puede advertirse que la cristalinidad de la lámi-
25 na de PET a una temperatura del molde de 140°C se mantiene en

1 no más de alrededor del 15 % durante los 6 primeros segun-
dos. De acuerdo con el procedimiento de operación en estos
experimentos, la lámina estaba totalmente en contacto con
la superficie del molde dentro de los 3-5 segundos primeros,
5 de manera que la condición de cristalinidad en el tiempo de
contacto era satisfecha. Esta curva se considera solamente
típica y no general ya que su forma actual depende en cada
caso de la historia pretérmica de la muestra. Sin embargo,
es bastante representativa de esta importante relación.

10 Con frecuencia se desea unir la cara posterior de
una lámina de plástico termoformada a un elemento de plásti-
co reforzante (frecuentemente estriado o acanalado para pre-
sentar mayor resistencia), que puede ser formado en la misma
operación que la primera lámina. Se ha hallado que lo más
15 práctico es utilizar una unión adhesiva para evitar que se
vean los puntos de unión a través de la primera lámina. El
elemento frontal y el elemento de soporte primero deben de-
jarse endurecer por cristalización suficientemente para per-
mitir la unión adhesiva del uno con el otro sin deformación
20 o aparición de los puntos de unión.

La Figura 7 es una vista lateral de un aparato de ter-
moformación útil para formar los artículos compuestos de acuer-
do con el procedimiento de esta invención. Comprende un bas-
tidor 40 provisto de unas placas terminales 43 y 44, cuatro
25 barras guía 41 fijadas a las placas terminales 43 y 44, un

1 plato estacionario 49 y un plato móvil 46 soportado y
guiado por las barras 41. El plato 46 está conectado a la
barra 47 del cilindro hidráulico 48 montado sobre la pla-
ca terminal 43 y de esta manera puede ser movido hidráuli-
5 camente de izquierda a derecha. El plato 46 lleva el ele-
mento de molde 55. El plato 49 lleva la placa de montaje
45 sobre la que está montado el elemento de molde 56. Ca-
da elemento del molde se calienta con aceite caliente que
circula a través de conductos internos no mostrados. El
10 caudal de aceite caliente puede ser controlado mediante
válvulas independientes (no mostradas), de manera que cada
elemento de molde puede ser mantenido a una temperatura di-
ferente, si se desea. Al principio del ciclo operativo, el
plato móvil 46 se lleva a una posición (mostrada en líneas
15 de puntos) donde las caras de los elementos de molde 55 y
56 están separadas por una distancia de unos 10 cm.

La Figura 8 es una vista terminal del aparato mos-
trado en la Figura 7. Refiriéndonos ahora a la Figura 8,
20 53 es un transportador de láminas, que comprende un cilin-
dro neumático sin barra 54 colgado de las barras guía 41
y un elemento colgante 57 para soportar las láminas de
plástico. Se extiende desde la posición 65 de calefacción
de las láminas hasta la posición 66 de carga/descarga.

25 El elemento colgante 57 contiene un conducto de
fluidos (no mostrado) al que se suministra aire comprimido

1 a través de la manguera 61, como se muestra en la Figura
8. Las láminas de plástico 60 se cuelgan en parejas en el
elemento colgante 57 y se transportan hasta la zona ca-
liente. El elemento de calefacción de lámina 65 está cons-
5 tituído por dos calentadores eléctricos radiantes que pue-
den mantenerse a temperaturas iguales o diferentes. Las
láminas de plástico 60 se mueven hasta este espacio y se
mantienen allí durante el tiempo deseado, por ejemplo 5-
60 segundos. La lámina que ha de convertirse en el elemen-
10 to frontal del artículo termoformado final es de esta for-
ma precalentada a unos 80°C y la lámina que ha de conver-
tirse en el elemento de soporte es precalentada a una tem-
peratura conveniente, por ejemplo a 80-100°C. Como en el
caso de la termoformación de una sola lámina, descrito
15 antes, pueden utilizarse otros medios de precalefacción,
que incluyen el propio molde de termoformación. Después el
transportador de láminas lleva las láminas al espacio com-
prendido entre los elementos de molde 55 y 56.

20 La Figura 9 muestra la disposición inicial de los
elementos de molde 55 y 56, observados desde el mismo lado
que en la Figura 7. El elemento de molde 55 está destinado
a formar el elemento de cara lisa (cosmética) del artículo
compuesto mientras que el elemento de molde 56 forma el ele-
25 mento reforzante de soporte. Extendiéndose alrededor de tres
lados del elemento de molde 55 se encuentra la palanca de

1 pie de cabra 82 que dispone de un reborde 82a en forma de
V alineado con la ranura 38 situada en el elemento de
molde 56. A través de las partes superiores de los elemen-
tos de molde 55 y 56 se extienden los filos 84. La función
5 de la palanca de pie de cabra y los filos es formar un
cierre hermético perimetral. Sin embargo, el cierre en la
parte superior formada por los filos 84 todavía permite
la introducción de aire entre las dos láminas de plástico
60. La placa de molde 62 dispone en su cara posterior de ra-
10 nuras 71 que están intersecadas por los agujeros 72 de pe-
queño diámetro, distribuidos regularmente alrededor del pe-
rímetro de la placa 62. Los agujeros 72 emergen a la cara
externa muy próximos a la superficie interna del bastidor
de mordaza 39 y sirven para aplicar vacío a la cara de la
15 placa 62.

En el interior de la cavidad del elemento de molde
55 se encuentra una ranura 73 que comunica con las ranu-
ras 71 de la placa de molde 62 y también conecta con los
agujeros taladrados 88, uno de los cuales se extiende has-
20 ta la superficie externa del molde 55, donde se conecta
al vacío (no mostrado). La cara del molde 86 del elemento
de molde 55 está acabada a una rugosidad superficial media,
 R_A , de aproximadamente 0,1 a 0,8 μm .

25 El elemento de molde 56 tiene una cavidad rectangu-
lar ocupada por la placa 93, que es ligeramente más peque-

1 ña que la cavidad y deja una ranura 52 en todos los lados.
Detrás de la ranura 52 se encuentra una ranura 59 más
grande, que corre alrededor de todo el perímetro de la ca-
vidad del molde y comunica con los agujeros 51, uno de
5 los cuales comunica con una fuente de vacío (no mostrada).
La placa 93 puede ser movida una pequeña distancia a la iz-
quierda mediante los pistones 50 (se muestra solamente una).
El aire comprimido puede ser admitido a los pistones 50 a
través del canal taladrado 75. Los elementos piramidales
10 74 fijados a la placa 93 sirven para producir ondulaciones
sobre la lámina de plástico que está siendo termoformada.

En funcionamiento, se monta una lámina 100 de PET
reforzado y una lámina 101 de soporte como muestran las
Figuras 10 y 11 y se cuelgan del elemento colgante 57 del
15 aparato termoformador mostrado en las Figuras 7 a 9. En las
Figuras 10 y 11, la lámina frontal 100 es lisa y la lámina
de soporte 101 es acanalada para proporcionar conductos pa-
ra el aire. Antes del montaje, las superficies internas de
una o de las dos láminas se cubren con un adhesivo ade-
20 cuado.

Refiriéndonos a la Figura 8, las láminas 60 están
inicialmente en la posición 66 desde las que son traslada-
das mediante el transportador de láminas 53 a través del
molde abierto detrás del plato 46 hasta los medios de cale-
25 facción 65. Después de un ciclo de precalefacción de 20 se-

1 gundos, el conjunto se mueve al espacio abierto del molde, como muestra la Figura 9. Después el elemento de molde 55 se mueve a la derecha hasta entrar en contacto con el elemento de molde 56. Como muestra la Figura 12, el
5 borde de la palanca de pie de cabra 82a y los filos 84 realizan un cierre hermético perimetral. El elemento de molde 55 es evacuado, haciendo que ambas láminas 60 se adapten en general, pero no completamente, al contorno de este elemento de molde. Ahora se introduce aire comprimido entre las láminas 60 a través de la llave múltiple del
10 elemento colgante 57 y simultáneamente se aplica vacío al elemento de molde 56. Como muestra la Figura 13, ambas láminas 60 son ahora forzadas contra las caras de sus respectivos elementos de molde y adquieren sus formas finales adaptándose a las de las placas del molde. La lámina frontal todavía se encuentra en estado sustancialmente amorfo, con una cristalinidad inferior al 15 % aproximadamente y,
15 debido a su contacto íntimo con la placa del molde, reproduce totalmente el acabado liso de dicha placa, de manera que su grado de rugosidad, R_A , es esencialmente igual del del molde. El contacto continuado de ambas láminas con los
20 elementos calientes del molde provoca la cristalización del polímero. Cuando se ha alcanzado el grado deseado de cristalinidad, se alivia la presión de aire entre las láminas.
25 Después se aplica una presión de aire a los pistones 50 del

1 elemento de molde 56. Esto impulsa a la placa 93 hacia
la izquierda, de manera que los vértices de las pirámides
74 ponen las ondulaciones de la lámina de soporte en con-
tacto con la lámina frontal, produciendo uniones en los
5 puntos de contacto como muestra la Figura 14. Alternativa-
mente, los pistones 50 pueden impulsar la placa 93 hacia
la izquierda mientras se mantiene la presión entre las lá-
minas de plástico. El sistema adherido se mantiene en el
molde durante un tiempo suficiente para conseguir una re-
sistencia de la unión en caliente suficiente. Después se
10 alivia la presión del aire sobre el pistón 50 y se aplica
vacío al canal 75, haciendo que la placa 93 se retire a su
posición inicial. La placa 46 se retrae mediante el cilin-
dro 48 y la barra 47. al elemento de molde retirado 55.

15 El sistema moldeado y termoformado se traslada aho-
ra a la zona de descarga 66 mostrado en la Figura 8 y se
retira del elemento colgante.

Para evitar la deformación de la estructura compues-
ta termoformada, es importante que tanto el elemento fron-
20 tal como el elemento de soporte formados por las láminas
tengan composiciones equilibradas. Aunque no han de ser
necesariamente iguales las cantidades y los tipos exactos
de materiales de carga, habitualmente son muy similares y
cuando el material de carga es orientado, por ejemplo es
25 fibroso, la orientación inicial de ambas láminas (direc-

1 ción de la máquina o dirección transversal) también debe
ser la misma. Como el aspecto del elemento de soporte es
de importancia considerablemente menor que el del elemento
5 frontal, pueden no ser necesarios en el elemento de soporte
los estrictos parámetros operativos que se aplican a
la formación del elemento frontal. En especial, según la
composición exacta de la lámina de PET del elemento de soporte,
puede ser posible precalentar la lámina a una temperatura
10 diferente, emplear una diferencia de presiones distinta
(v.g. controlando la cantidad de vacío aplicado a la cara posterior,
si se aplica alguno) e incluso utilizar un elemento de molde que
produzca una relación de estiraje diferente, siempre que no sea
adversamente afectada la integridad mecánica del elemento de soporte.

15 Como los artículos compuestos fabricados de acuerdo con esta
invención están unidos por adhesión en lugar de unidos por fusión,
es importante la elección de un adhesivo adecuado. Los adhesivos
adecuados deben ser capaces de desarrollar una fuerza de unión
20 suficiente a la temperatura de termoformación, que puede ser hasta
de 200°C o incluso más alta, para permitir el desmoldeo sin
deformación. Los adhesivos pueden ser termoplásticos o termoendurecibles.
Deben adherirse bien a ambas láminas de plástico y no deben tener
25 un módulo alto cuando han endurecido debido a que el módulo alto
puede producir deformaciones de la

1 lámina frontal al enfriarse. Las composiciones adhesivas
típicas que pueden ser utilizadas en el procedimiento de
esta invención incluyen, por ejemplo, resinas epoxi, poli-
uretanos y poliésteres amorfos.

5 Los adhesivos epoxi adecuados incluyen el adhesivo
estructural de la marca "Scotch-weld" 2216 B/A de la 3M
Company. Un buen adhesivo de poliuretano es el "UR" 2101,
uretano en dos partes de la H.B. Fuller Company y los po-
liésteres amorfos adecuados incluyen el copolímero "PETG"
10 de la Eastman.

En experimentos reales utilizando el equipo antes
descrito e ilustrado en las Figuras 7 a 9, 12 y 13, se for-
maron estructuras compuestas a partir de láminas de PET
de la siguiente composición (% en peso):

15	PET	65
	Ionómero	5
	Fibra de vidrio	30

Ambas láminas tenían una cristalinidad inicial infe-
rior al 5 % aproximadamente y un módulo de tracción medio
20 a 100°C de 36,9 MPa.

La lámina frontal era plana mientras que la lámina
de soporte era ondulada (estriada), como muestra la Figu-
ra 11.

25 Cada lámina se cubrió antes de la operación de ter-
moformación con el copolímero adhesivo "PETG" de la

1 Eatsman, que es sólido a la temperatura ambiente pero tie
ne una temperatura de transición vítrea de 81°C aproxima-
damente.

5 Las láminas se montaron como muestran las Figuras
10 y 11, de manera que las superficies recubiertas de adhe-
sivo estaban encaradas. La rugosidad superficial inicial
de la lámina frontal sobre la cara adyacente a la super-
ficie del molde (es decir, la cara no cubierta de adhesi-
vo), R_a , era habitualmente alrededor de 250 micropulgadas
10 (6,3 μm) pero en ningún caso mayor de 500 micropulgadas
(12,5 μm). Ambas láminas se precalentaron a unos 80°C, se
colocaron en el molde abierto y se equilibraron durante
unos 6 segundos antes de cerrar el molde. La temperatura
del molde era alrededor de 130-150°C, obteniéndose los me-
15 jores resultados en el extremo inferior de este intervalo.
La variación media de la temperatura superficial del molde
se mantuvo dentro de 3,8°C. La aspereza superficial R_a
de la cara del molde 86 del elemento de molde 55 (Figuras
9, 12 y 13) era de 16-32 micropulgadas (0,4-0,8 μm).

20 Después de haber cerrado y amordazado los elemen-
tos de molde 55 y 56, se aplicó a cada elemento un vacío
no inferior a 25 pulgadas de mercurio (84 kPa), que se
mantuvo durante 1-4 segundos. Después se introdujo aire
25 comprimido en el espacio situado entre las láminas. La
presión del aire era de 85-100 psi (586-690 kPa). Unas

1 presiones mayores producían como máximo una mejora margi-
nal de la calidad. De acuerdo con la composición de la
lámina de PET, unas presiones menores que el límite infe-
rior de este intervalo pueden producir superficies con
5 imperfecciones discernibles.

El vacío y la presión se mantuvieron durante 90 se-
gundos aproximadamente o hasta que la lámina frontal alcan-
zó la cristalinidad adecuada. Después se evacuó el aire
comprimido y se eliminó el vacío sobre la cara posterior
10 de la lámina de soporte.

El elemento de soporte se movió una distancia de
0,2-0,6 pulgadas (0,5-1,5 cm) hasta entrar en contacto con
el elemento frontal. La presión en el punto de contacto
era de 12-75 psi (83-517 kPa). El contacto se mantuvo du-
15 rante unos 30 segundos y después se retiró la placa de mol-
de de soporte. Entonces se eliminó el vacío y se abrió el
molde para sacar la pieza compuesta.

La rugosidad media de la cara cosmética del elemento
frontal del compuesto era de 16-32 micropulgadas (0,4-0,8
20 μm), igual a la de la cara del molde y el índice de imper-
fecciones ópticas cóncavas (IIOC) era inferior a 6 %.

Los artículos termoformados por el procedimiento
de esta invención, ya sean de lámina única o una estructu-
ra compuesta con un elemento frontal y un elemento de so-
25 porte, encuentran aplicación en varios campos, especialmen-

1 te en la industria del automóvil. Por lo tanto, los
artículos termoformados incluyen, por ejemplo, diversas
piezas de automóvil, especialmente paneles de carrocería,
tanto interiores como exteriores, guardabarros, tablas
5 para pisos, cortavientos, cabeceros, marcos de ventanas,
capós, tapas de camiones, asientos y piezas para debajo de
la carrocería. Las aplicaciones distintas del automóvil
del procedimiento de esta invención incluyen, entre otras,
la termoformación de piezas para aviones tales como paneles
10 de carrocería, asientos y conductos; contenedores para
transporte; elementos de construcción como paneles para fo-
rrar paredes, paneles para puertas elevadas de garajes y
mamparas; piezas marinas tales como paneles para el casco
de los barcos, asientos y superficies de cubierta; piezas
15 para instrumentos que incluyen paneles de carcasas, conduc-
tos y alojamientos para pequeños instrumentos; bandejas
de servicio de comidas en instituciones; utensilios sanita-
rios como asientos de inodoro, dispensadores de toallas y
mamparas para duchas; colectores solares; mamparas y aloja-
20 mientos para diversos equipos tales como equipo electró-
nico, bombas, máquinas de rayos X y segadoras de césped;
muebles como sillas y mesas; y una infinidad de otros usos
industriales, residenciales, recreativos y de transporte.

25 Descrito el objeto de la presente Patente de Inven-
ción, se declara que lo que constituye la esencialidad de
la misma es lo que se concreta en las siguientes:

1

REIVINDICACIONES

1.- Mejoras introducidas en un procedimiento de termoformación en un molde de una primera lámina de poli(tereftalato de etileno) con una cristalinidad de 0 a 5% aproximadamente y un espesor de 0,76-3,2 mm aproximadamente, precalentada a una temperatura de unos 80-130°C, a una relación de estiraje inferior a 1,8 aproximadamente, definida como la relación entre el espesor inicial de la lámina y el espesor mínimo de pared del artículo termoformado, teniendo la superficie del molde adyacente a la citada lámina una rugosidad media, R_A , de 0,1 a 0,8 μm aproximadamente, y una segunda lámina de soporte reforzante de poli(tereftalato de etileno) y unión de la segunda lámina a la primera mientras ambas láminas se encuentran en el molde,

15

estando caracterizadas las mejoras porque la primera lámina presenta esencialmente en toda su superficie no adherida una R_A de 0,1 a 0,8 μm aproximadamente y un índice de imperfecciones ópticas cóncavas inferior al 6% aproximadamente del área superficial de la mencionada superficie, determinado por análisis de imágenes con un microscopio de 70 aumentos, comprendiendo las citadas mejoras las siguientes etapas:

20

25

(A) expulsar simultánea o consecutivamente

1 el aire de los espacios comprendidos entre ambas lámi-
nas y las superficies del molde adyacentes a las mis-
mas, mantenidas a una temperatura de aproximadamente
130-180°C, a través de por lo menos un respiradero si-
5 tuado en cada superficie del molde,

(B) mientras se aplica una presión de aire
entre ambas láminas, formar ambas láminas en sus con-
figuraciones deseadas mientras la primera lámina pre-
senta una cristalinidad del poli(tereftalato de etile-
10 no) de alrededor del 15% como máximo, para permitir -
que el polímero de la primera lámina reproduzca por -
completo la superficie del molde,

(C) mantener ambas láminas en contacto con
las superficies calientes del molde, por lo menos has-
15 ta que el polímero de cada lámina alcance un grado de
cristalinidad suficiente para permitir la unión sin -
deformación y

(D) unir la segunda lámina a la primera con
un adhesivo, mientras la primera lámina está en con-
20 tacto con el molde,

(E) mantener la primera lámina en contacto
con el molde hasta que la estructura adherida puede -
ser desmoldeada sin deformación y

(F) desmoldear el artículo adherido;
25 con la condición de que la primera lámina -

1 está reforzada con una carga mineral y, cuando está -
así reforzada, tiene un módulo de tracción a 100°C, -
determinado como promedio de la dirección de la máqui
na y de la dirección transversal, comprendido entre 7
5 y 70 MPa aproximadamente, de acuerdo con el método -
ASTM D-638.

 2.- Mejoras de acuerdo con la Reivindicación
1, donde la primera lámina es termoformada a una rela
ción de estiraje de 1,3 como máximo.

10 3.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica- -
ción 1, donde la segunda lámina tiene la misma compo-
sición que la primera.

 4.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica- -
ción 1, donde la carga mineral es fibra de vidrio.

15 5.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica- -
ción 4, donde la relación media de longitud a diáme--
tro es 10 como mínimo.

 6.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica- -
ción 1, donde la cantidad de carga es alrededor del 5
20 al 50%, calculada sobre el peso de la composición.

 7.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica- -
ción 6, donde la cantidad de carga es de 10 a 35%.

 8.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica- -
ción 1, donde el material de la lámina de poli(teref-
25 talato de etileno) también contiene otro material po-

1 limérico seleccionado entre el grupo formado por dipolí-
límeros de etileno con un ácido carboxílico insatura-
do, terpolímeros de etileno con un ácido carboxílico
5 insaturado y un éster de un ácido carboxílico insatu-
rado y terpolímeros de etileno con un ácido carboxíli-
co insaturado y un éster vinílico; siendo la propor--
ción del ácido carboxílico en los dipolímeros airede-
dor del 2 al 20% en peso y siendo las proporciones -
respectivas del ácido carboxílico y del éster en los
10 terpolímeros alrededor del 1 al 30% en peso de cada -
uno; y siendo la cantidad del dipolímero o del terpo-
límero alrededor del 1 al 20%, calculada sobre el pe-
so de la composición polimérica reforzada.

9.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica- -
15 ción 8, donde los grupos carboxílicos están parcial o
totalmente neutralizados con iones de cinc, magnesio
o calcio.

10.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica--
ción 9, donde la cantidad del dipolímero y del terpo-
20 límero es del 3 al 10%, calculada sobre el peso de la
composición polimérica reforzada.

11.- Mejoras de acuerdo con la Reivindica--
ción 1, donde la temperatura del molde es alrededor -
de 140°C.

25 12.- "MEJORAS INTRODUCIDAS EN UN PROCEDI- -

1 MIENTO DE TERMOFORMACION EN UN MOLDE DE UNA PRIMERA -
LAMINA DE POLI(TEREFTALATO DE ETILENO)", todo ello se
gún se describe y reivindica en la presente memoria -
descriptiva, que consta de cuarenta y cinco páginas -
5 mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, **30 MAYO 1984**

JULIO HERRERO,

p.p.

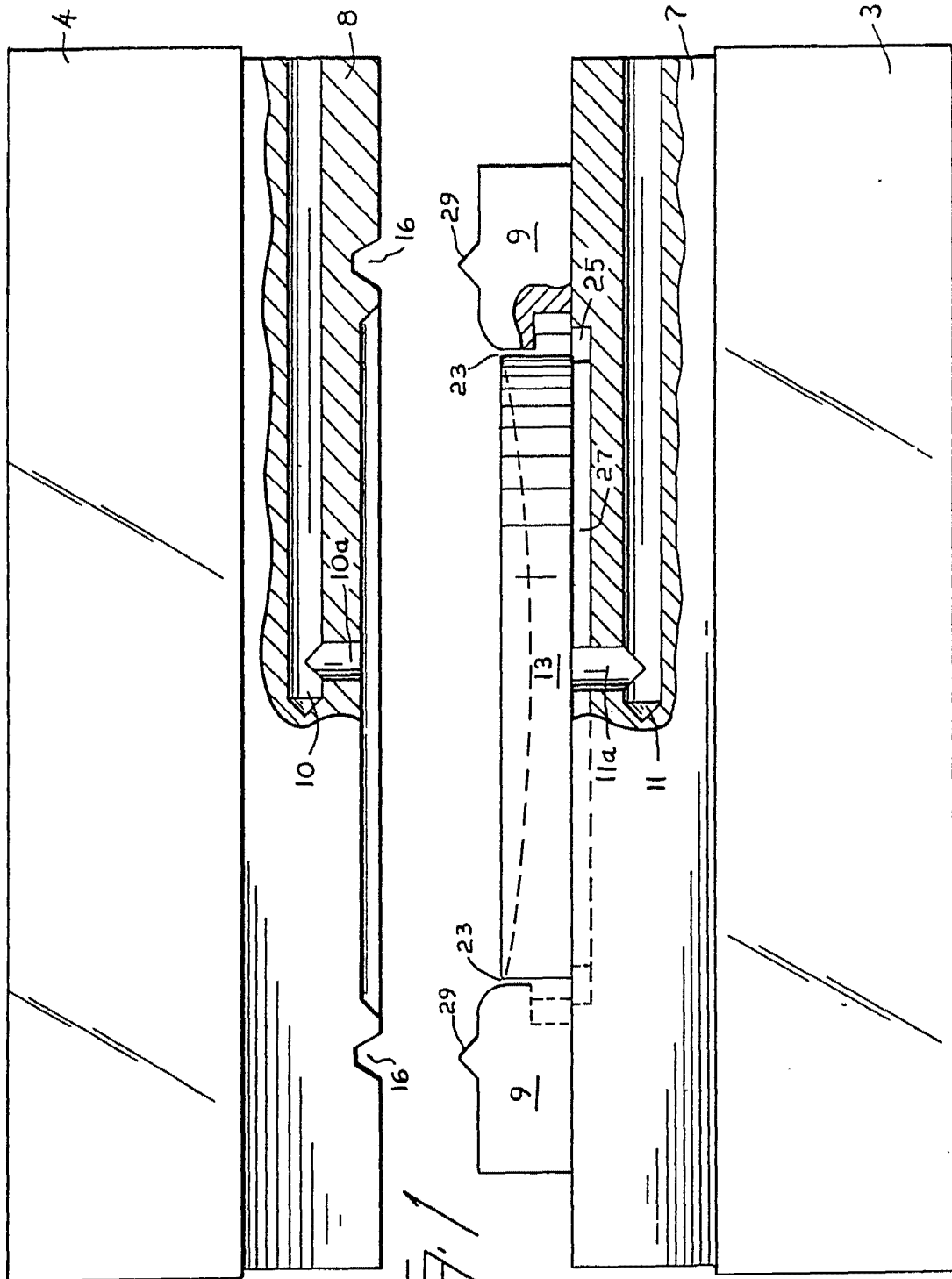


10

15

20

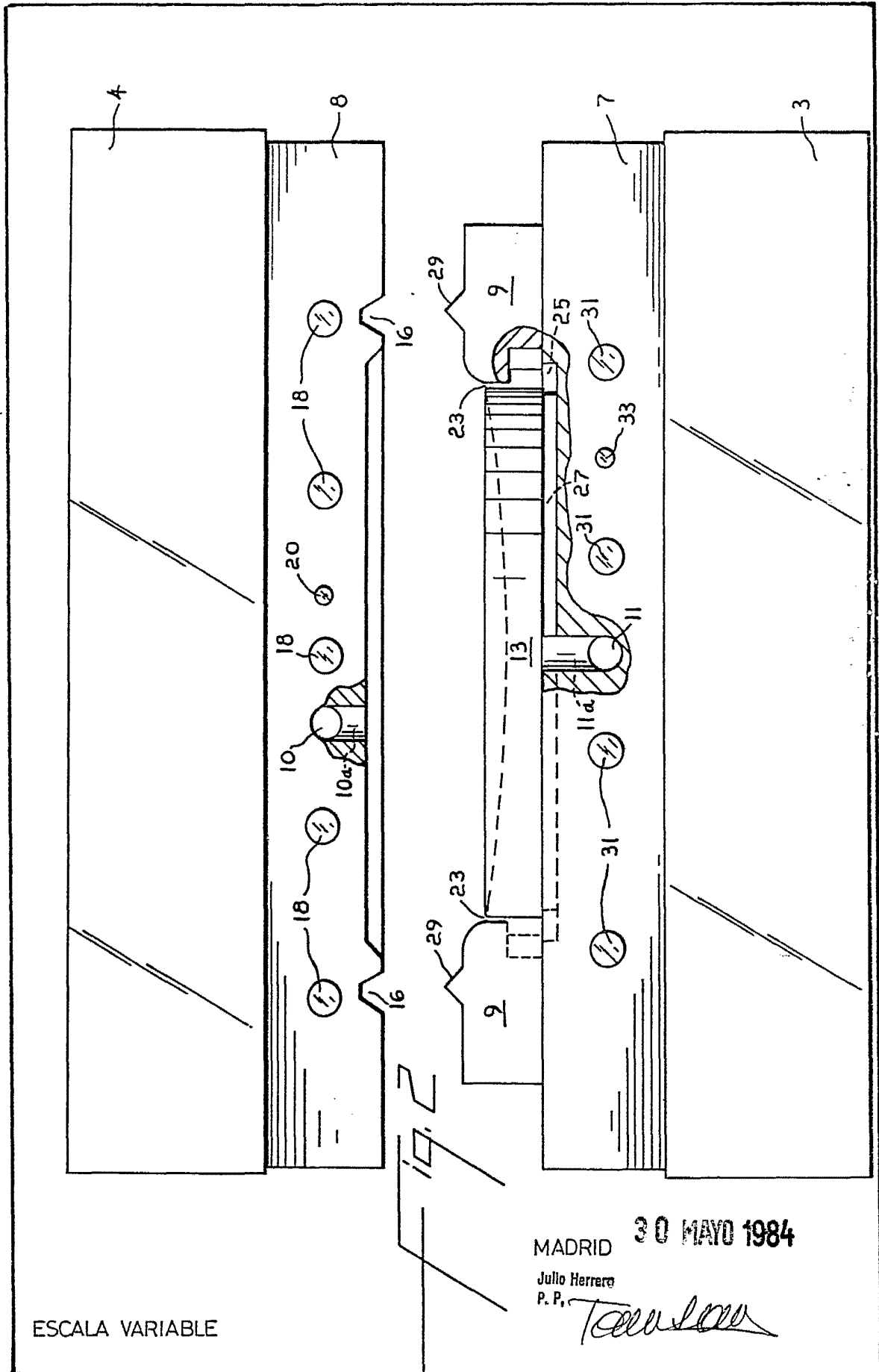
25



ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984

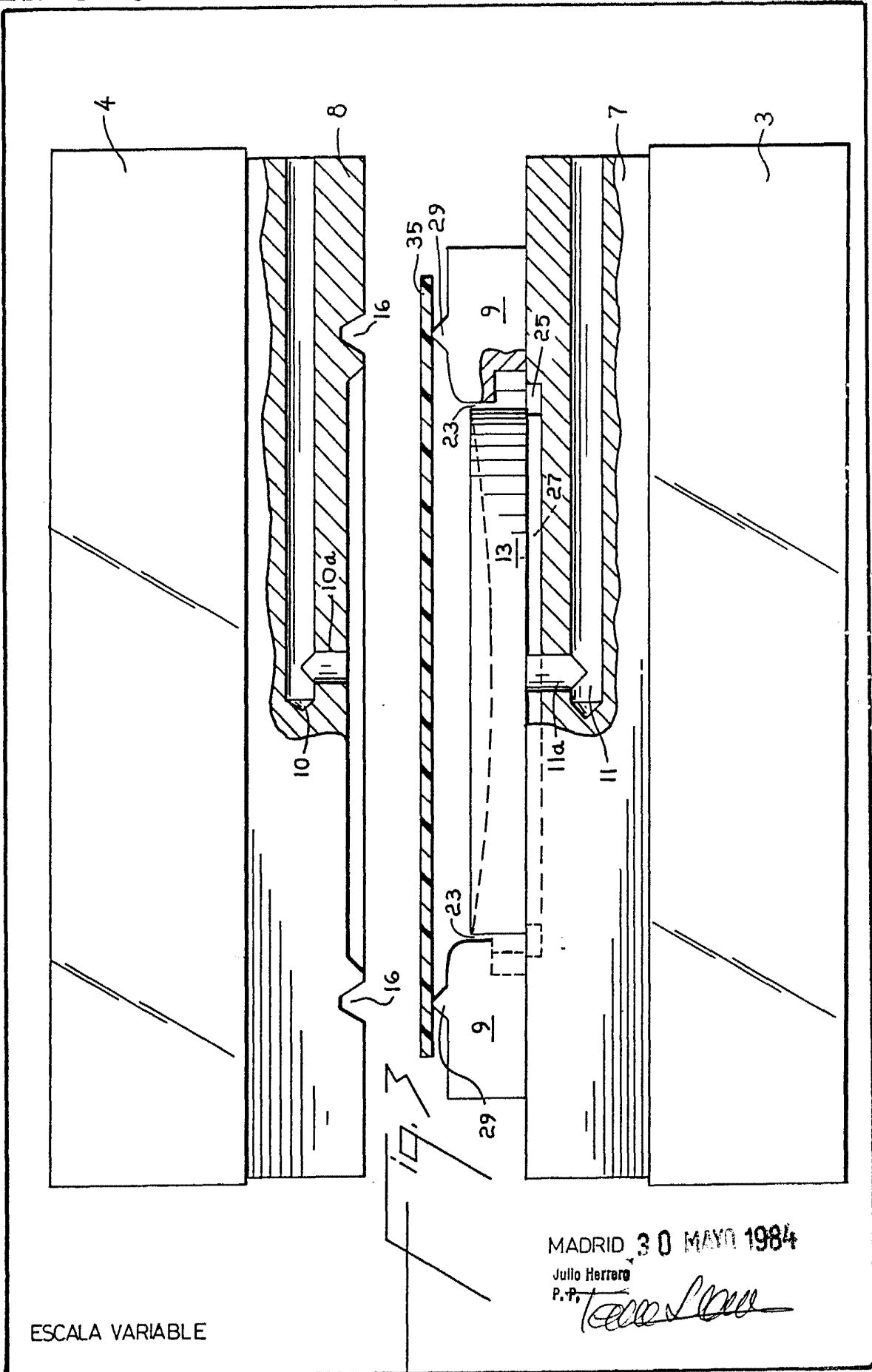
Julio Herrero
P. P.



ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984

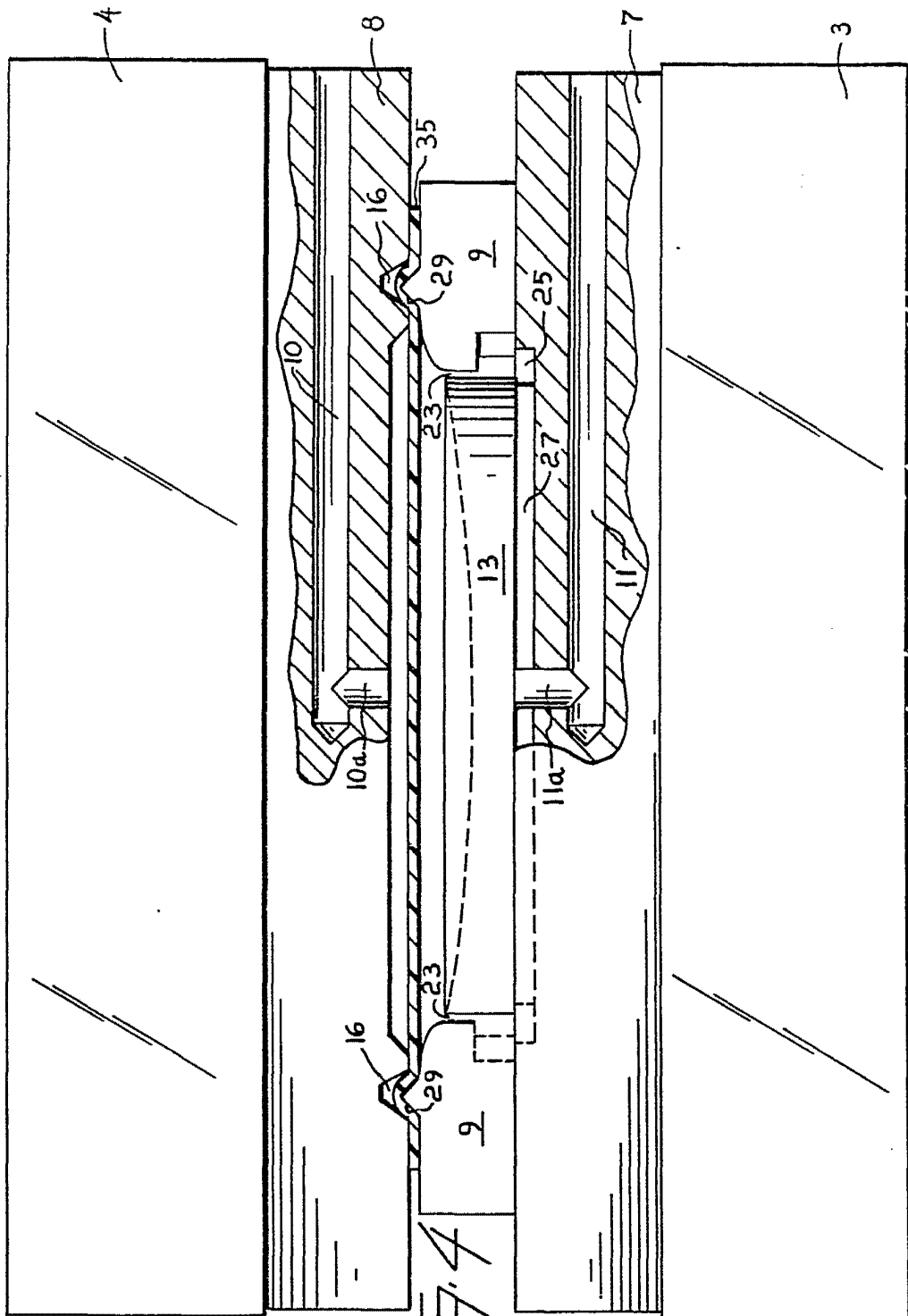
Julio Herrero
P. P.



ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984

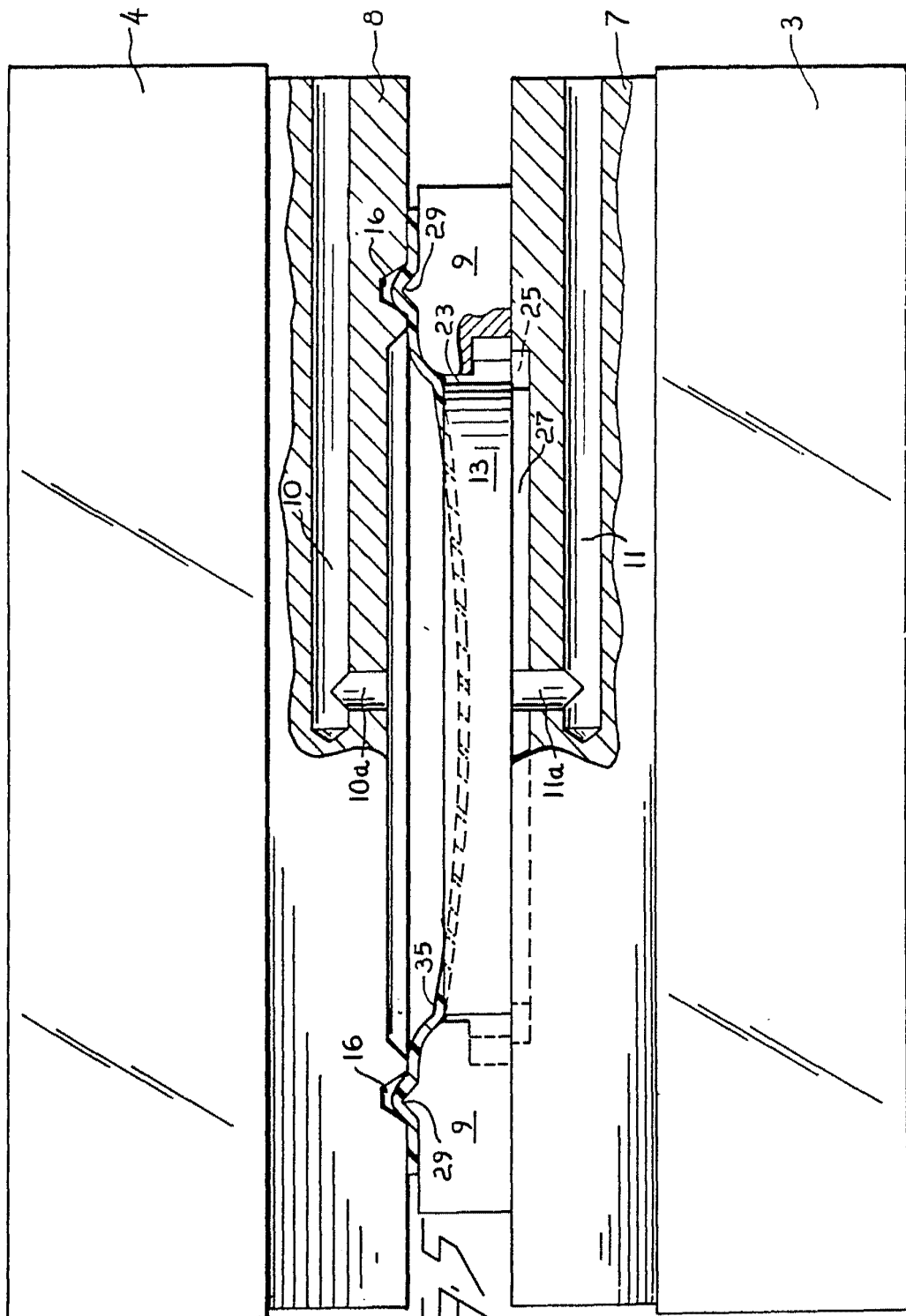
Julio Herrero
P.P.



ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984

Julio Herrero
P.P.

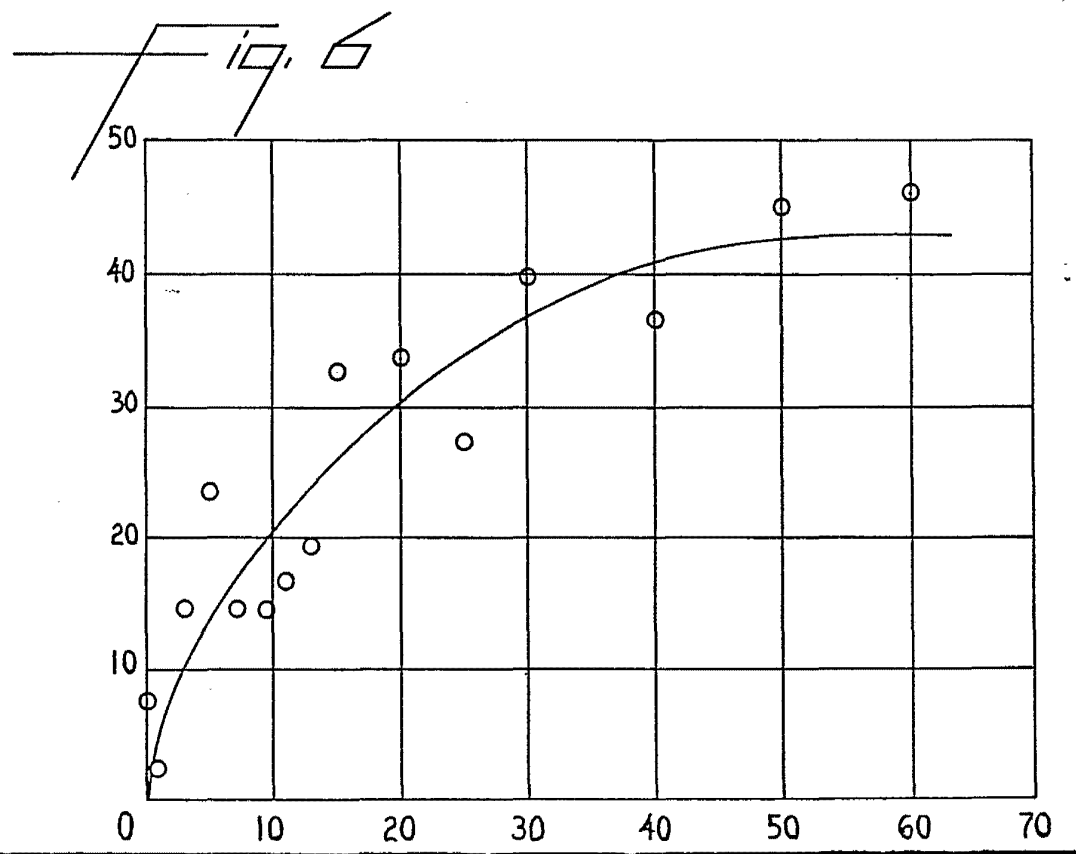
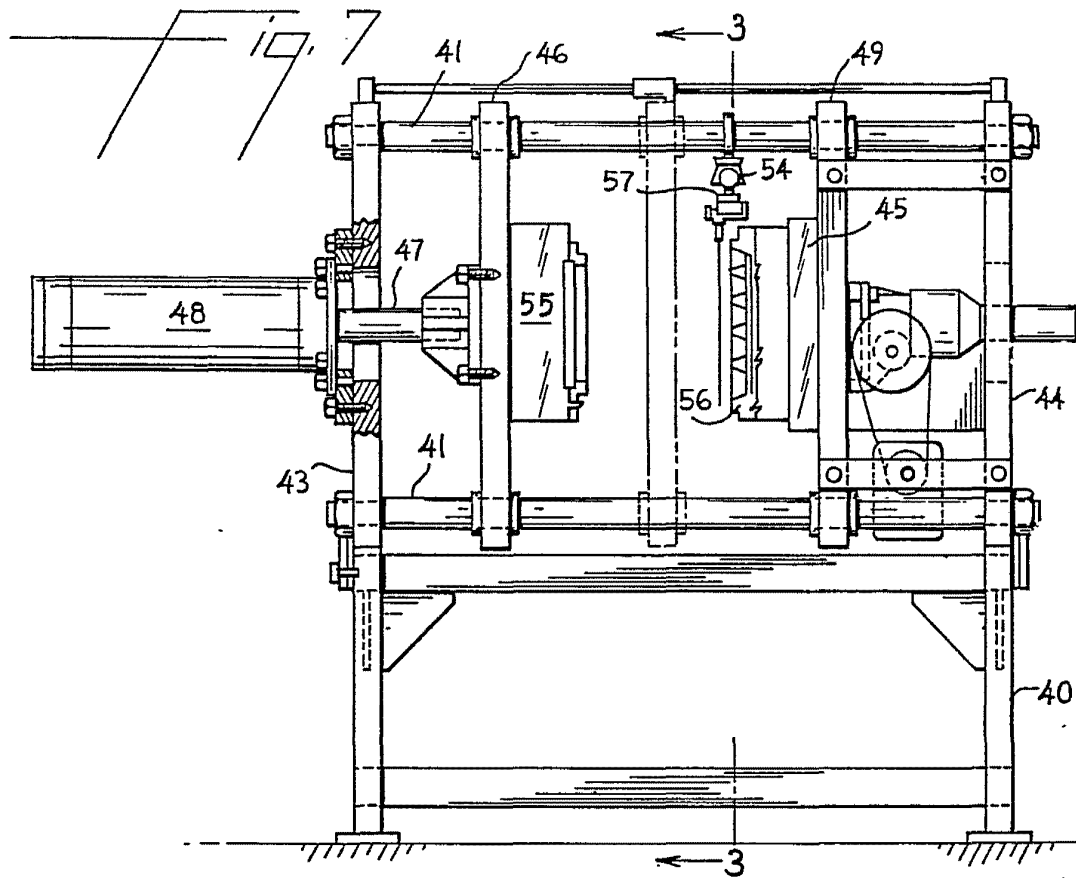


ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984

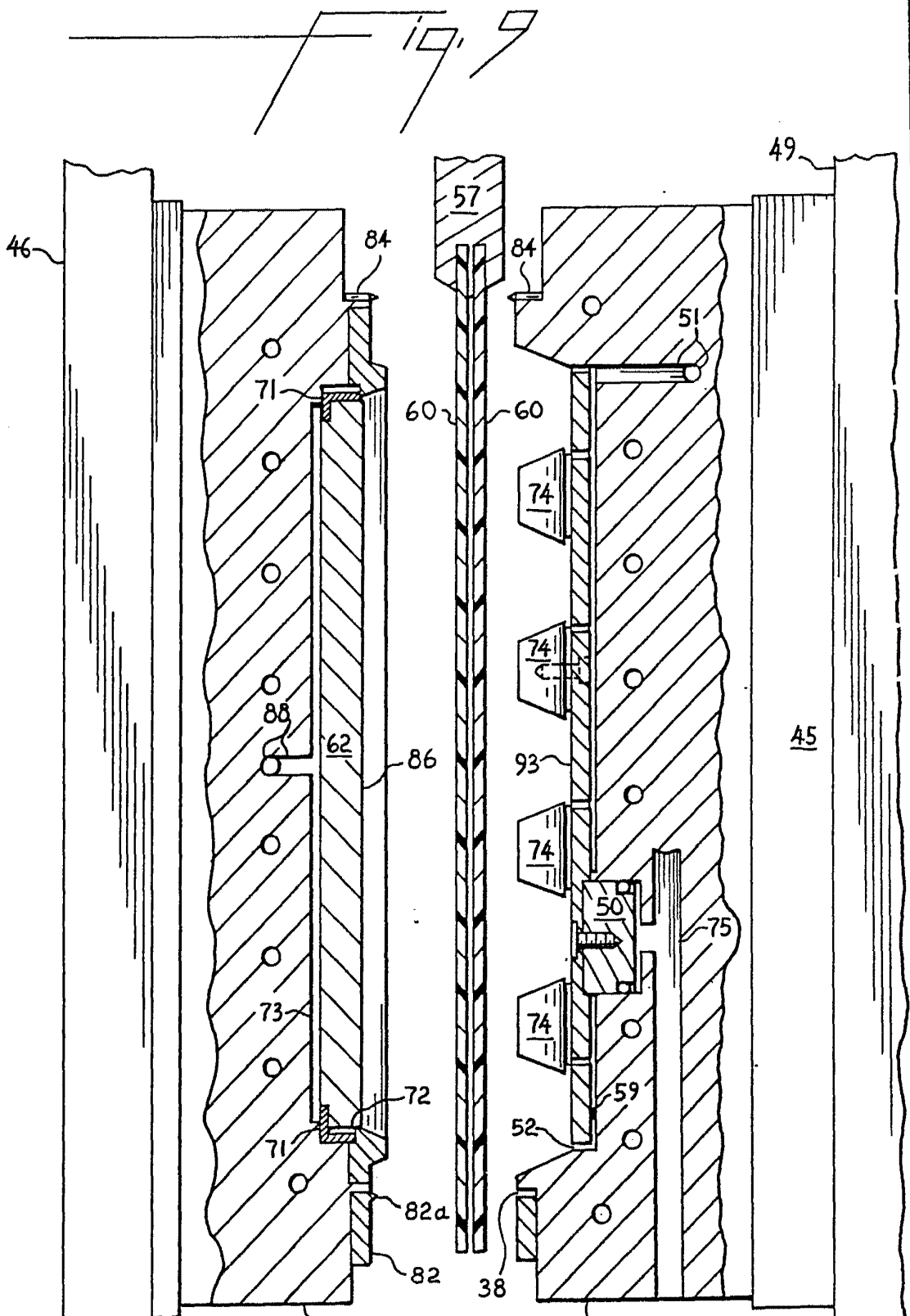
Julio Herrera
P. P.

Julio Herrera



ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984
Julio Herrera
P. P.
Talavera

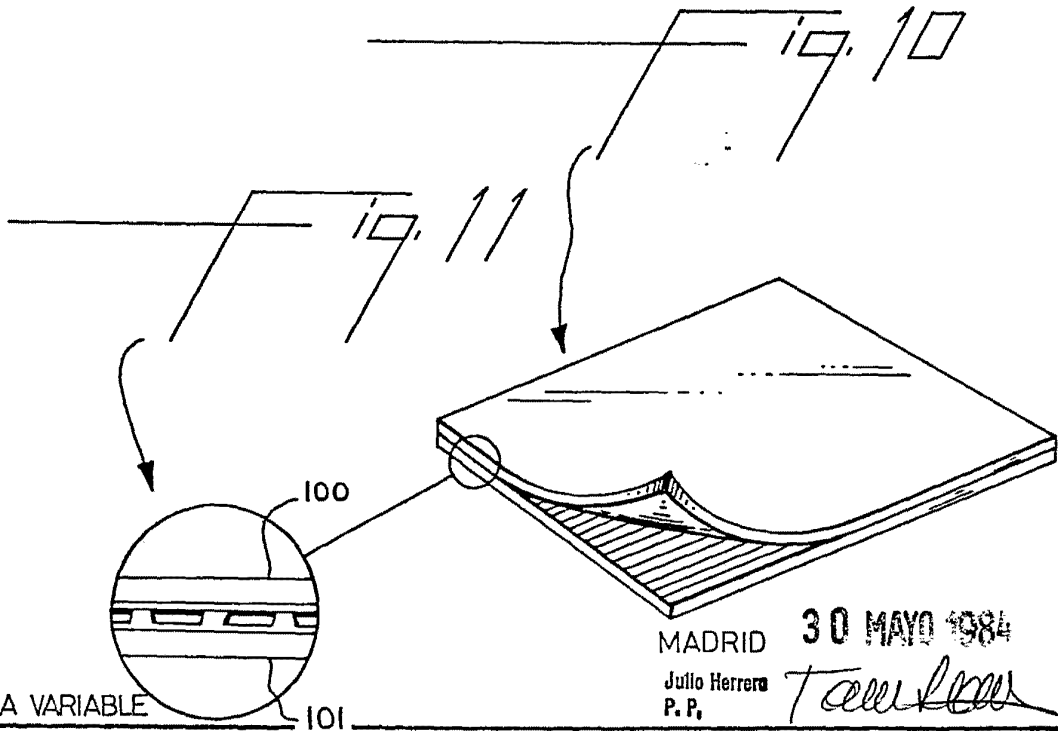
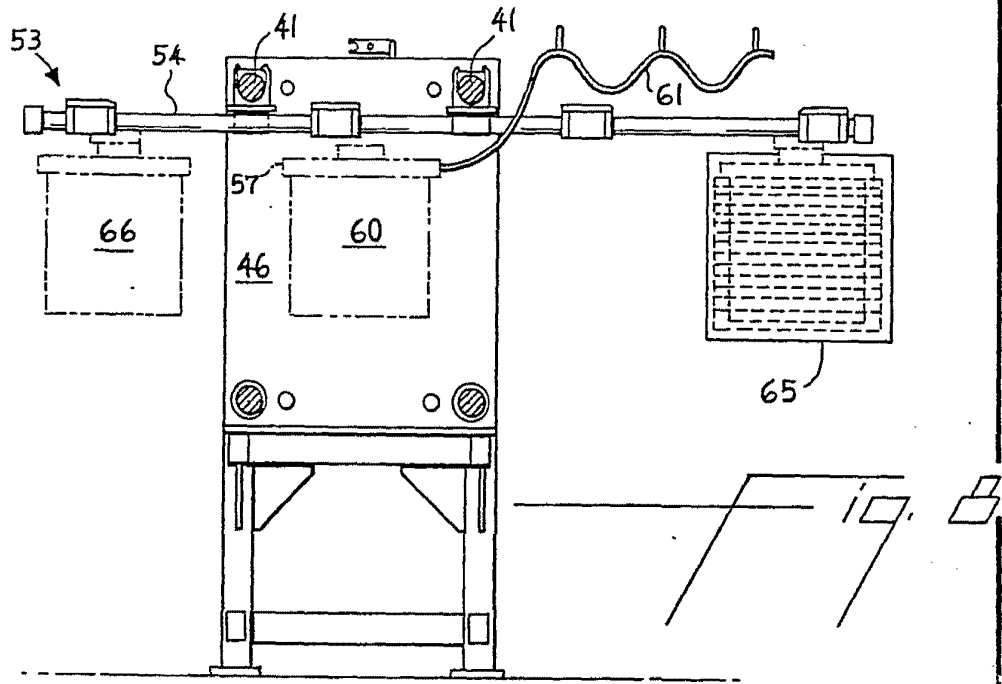


ESCALA VARIABLE

55

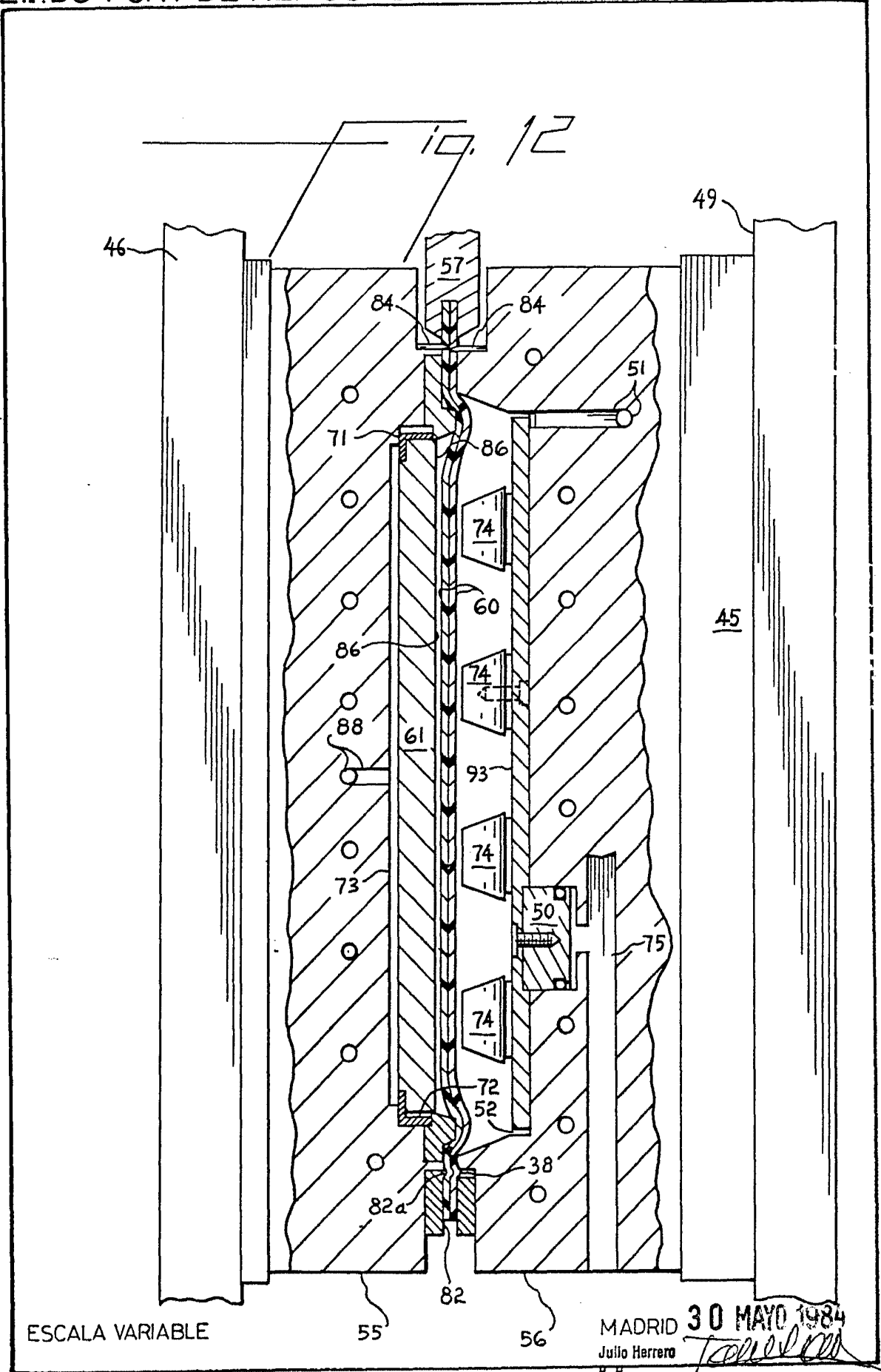
56

MADRID 30 MAYO 1984
Julio Herrera
P. P.



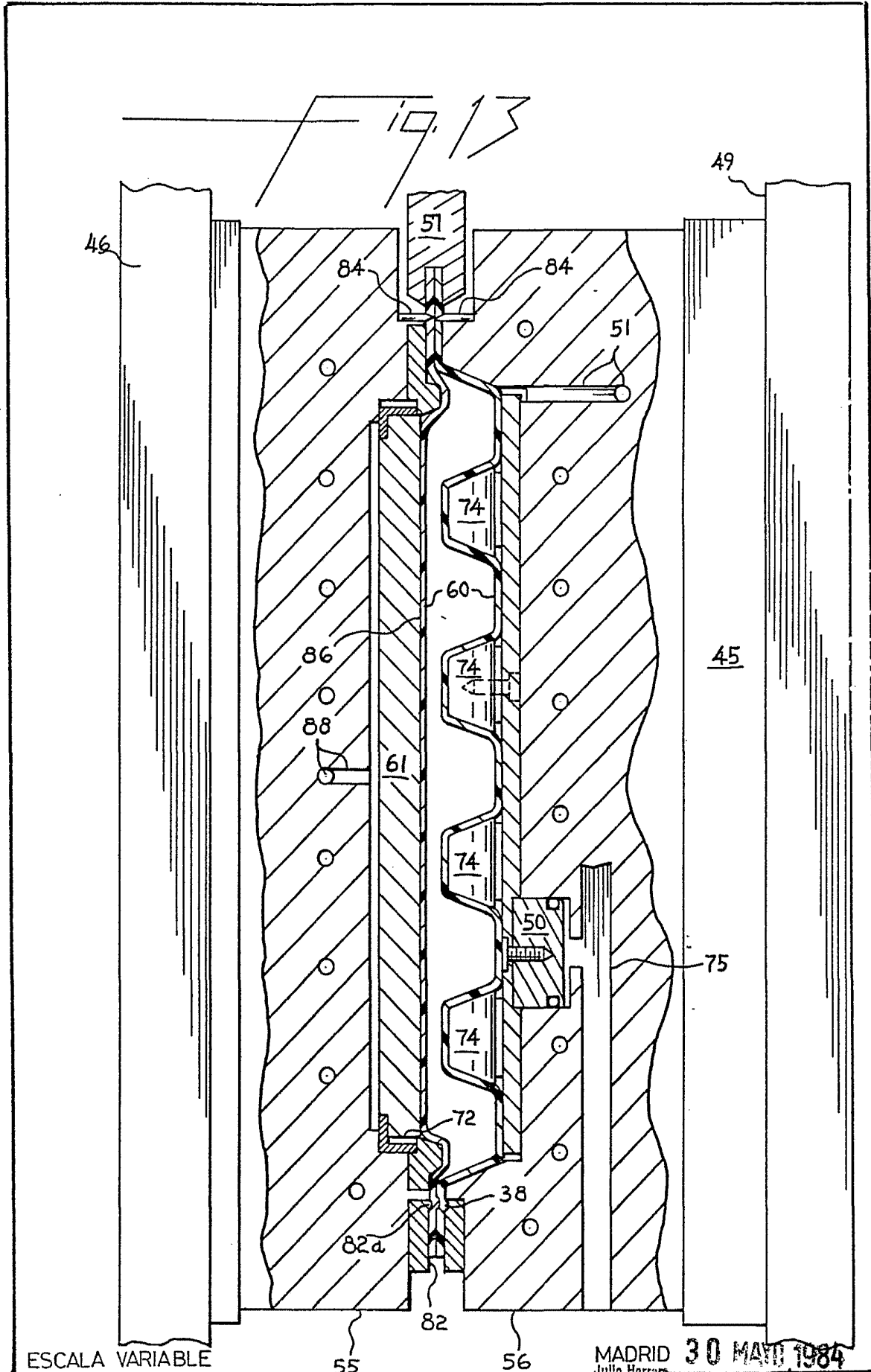
ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984
Julio Herrera
P. P.



ESCALA VARIABLE

MADRID 30 MAYO 1984
Julio Herrero
P. P.



ESCALA VARIABLE

55

56

MADRID 30 MAYO 1984

Julio Herrera
P. P.

T. Colwell

