

# RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, COMPRESIÓN ESTÁTICA Y DINÁMICA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS AGLOMERADOS COMPUESTOS DE CORCHO, EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD Y GRANULOMETRÍA DEL GRANO INICIAL

A. Hernández Fernández.

Departamento de Investigación del instituto de Promoción del Corcho de la Junta de Extremadura.

---

## INTRODUCCIÓN

Los aglomerados compuestos de corcho representan hoy en día una manufactura de corcho en claro desarrollo y por ello consideramos la necesidad de este estudio.

Los resultados obtenidos en tracción y conductividad térmica demuestran la relación de proporcionalidad entre estos parámetros y la densidad.

La compensación estadística y dinámica demuestran el comportamiento del corcho como un material semielástico o semiplástico, como demuestran los gráficos obtenidos en función del esfuerzo y la deformación.

### Descripción del proceso. Obtención de las muestras

Las muestras de aglomerado compuesto de corcho han sido obtenidas a partir de los siguientes elementos:

- Granulados de corcho
- Aglomerantes

Hemos partido de los siguientes granulados de corcho:

- Granulado A
- Granulado B
- Granulado C

Las características de los granulados han sido determinadas de acuerdo con las normas actuales ISO 87:

Granulometría	— Norma ISO 2030-1976
Masa volúmica	— Norma ISO 2031-1972
Cenizas	— Norma ISO 3810-1977

### Características de los aglomerados

El aglomerante utilizado es del tipo de polímero de Poliuretano con 60% de materia sólida y 40% de disolvente tolueno.

El porcentaje utilizado de aglomerante en relación con el granulado de corcho es del 10%.

### Fabricación de los aglomerados compuestos

La obtención de los aglomerados de corcho se ha realizado en el laboratorio de IPROCOR siguiendo el proceso normal de fabricación industrial de dichos aglomerados.

Sobre una determinada cantidad de granulado se ha vertido el 8% en aglomerante, para después ser agitado y mezclado en mezcladora de eje horizontal duran-

Tabla 1. Características de los granulados.

	Granulado A	Granulado B	Granulado C
Tamiz			
11,5 m/m	—	—	—
8,0 m/m	—	—	4,30%
5,6 m/m	—	0,03%	32,20%
4,0 m/m	—	5,06%	26,30%
2,8 m/m	0,0054%	37,90%	19,60%
1,41 m/m	33,185%	53,76%	16,00%
0,71 m/m	66,01%	2,30%	0,60%
0,5 m/m	0,47%	0,15%	0,50%
0,35 m/m	0,009%	0,08%	0,01%
<0,35 m/m	0,003%	0,03%	0,02%
Densidad	55,1 kg/m <sup>3</sup>	60 kg/m <sup>3</sup>	72,9 kg/m <sup>3</sup>
Cenizas	0,95%	0,92%	1,2%

te un tiempo, para obtener una homogeneización correcta entre aglomerante-granulado; la mezcla se vierte en molde metálico de 200 x 200 mm y es prensada hasta una altura de 40 mm para posteriormente sufrir un proceso de cocción de 8 horas de duración a 120°C y, una vez enfriada, retirar el bloque de aglomerado compuesto obtenido.

Las dimensiones finales de los bloques de aglomerado son de 200 x 200 x 40 mm.

**Tabla 2.** Ensayo de resistencia a tracción. Resultados obtenidos.

Densidad	Resistencia a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
Granulado A	
195	4,5
255	8,1
293	11,3
347	16,1
399	20,6
460	24,6
516	30,3
Granulado B	
196	5,2
255	7,9
302	11,2
347	15,2
399	18,4
448	25,4
517	28,8
Granulado C	
199	5,8
243	7,0
297	10,9
350	16,8
399	19,2
448	22,4
510	24,8

### Ensayos de rotura por tracción. Método de ensayo

Las dimensiones de las probetas son de 100 x 40 x 10 mm. El eje de rotura es perpendicular al eje de prensado del granulado.

La velocidad de separación de las mordazas es de 300 mm/min.

Los resultados obtenidos son los valores medios de 10 probetas sometidas a dicho ensayo de cada muestra de aglomerado compuesto.

### Ensayo de resistencia a tracción. Resultados obtenidos

Con estos resultados vamos a determinar la regresión lineal según la fórmula  $Y = A + BX$ , siendo:

- A el término constante.
- B el coeficiente de regresión.
- R el coeficiente de correlación.
- Y la resistencia de rotura tracción en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .
- X la densidad del aglomerado en  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

### Ensayos de compresión estática. Método de ensayo

El ensayo de compresión estática se ha realizado sobre probetas de 40 x 40 x 40 mm aplicando una presión constante de 4  $\text{kg}/\text{cm}^2$  en el sentido de compresión del granulado en el momento de fabricación del bloque de muestra.

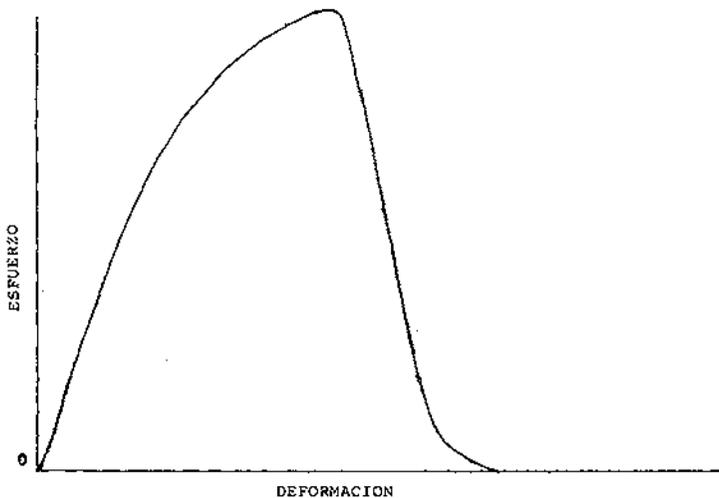


Figura 1. Diagrama característico de rotura por tracción.

Anteriormente las probetas han sido sometidas a unas condiciones atmosféricas durante 24 horas a 24°C y 65% de humedad relativa.

Se determina la deformación sufrida por la probeta en función del tiempo en que la presión actúa, siendo el tiempo máximo de 24 horas.

### Correlación resistencia a tracción / densidad

#### Granulado A

$$y = A + Bx$$

$$A = -11,9$$

$$B = 0,085 = 1/11,8$$

$$R = 0,998$$

$$y = x/11,8 - 11,9$$

$$y = \text{kg/cm}^2$$

$$x = \text{kg/m}^3$$

#### Granulado B

$$A = -11,4$$

$$B = 0,082 = 1/12,2$$

$$R = 0,993$$

$$y = x/12,2 - 11,4$$

#### Granulado C

$$A = -7,9$$

$$B = 0,066 = 1/15,2$$

$$R = 0,989$$

$$y = x/15,2 - 7,9$$

Los resultados obtenidos se representan en las Figuras 1, 2 y 3.

### Ensayos de compresión dinámica. Método de ensayo

Sobre una probeta de aglomerado compuesto de 40x40x40 mm se somete a una deformación constante de 30 mm/min. en la dirección de compresión de granulado, registrándose los esfuerzos necesarios en todos los puntos de su deformación hasta un máximo de 500 kg.

Las probetas han sido sometidas previamente a una temperatura de 20°C y 65% de humedad relativa durante 24 horas.

### Ensayos de conductividad térmica. Método de ensayo

El método empleado para la determinación de la conductividad térmica está basado en el método del hilo caliente transitorio matemáticamente analizado por Haupin y Mittenbuehler.

El principio básico es que la temperatura de un hilo de calentamiento aumenta especialmente cuando se aplica continuamente una corriente eléctrica constante (flujo de calor) al hilo, el cual se sitúa extendido en una muestra de forma de paralelepípedo rectangular, considerándolo de longitud infinita, la conductividad térmica de la muestra estará en función del orden de aumento de la temperatura.

Con los datos anteriormente obtenidos vamos a determinar la regresión lineal entre densidad y coeficiente de conductividad térmica de los diferentes aglomerados según su granulometría.

Tabla 3. Ensayo de compresión dinámica. Resultados obtenidos.

Densidad kg/m <sup>3</sup>	Fuerza necesaria para la deformación			
	87,5%	75%	62,5%	50%
Granulado A				
195	60	88	125	190
255	72	110	160	250
293	88	137	200	330
347	138	220	340	—
399	170	300	450	—
460	260	450	—	—
516	350	—	—	—
Granulado B				
196	75	110	145	210
255	100	150	220	350
302	120	180	275	450
347	155	250	400	—
399	175	300	450	—
448	240	425	—	—
517	275	460	—	—
Granulado C				
199	75	105	145	210
243	105	155	220	340
297	112	175	250	400
350	160	260	400	—
399	180	300	470	—
448	250	425	—	—
510	295	—	—	—

Tabla 4. Ensayos de compresión estática. Resultados obtenidos.

Densidad kg/m <sup>3</sup>	Deformación segun tiempo %				
	1 min.	30 min.	6 h.	12 h.	24 h.
Granulado A					
195	9,5	13,3	16,0	17,0	18,3
255	5,4	8,8	12,2	14,4	15,2
293	3,5	4,3	5,3	6,0	6,5
347	2,8	3,0	3,3	3,8	4,0
399	2,4	2,5	2,6	2,8	3,2
460	2,0	2,4	2,5	2,7	2,8
516	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4
Granulado B					
196	10,3	14,4	18,6	20,2	22,4
255	6,4	8,2	10,4	14,8	16,8
302	2,4	3,2	4,0	4,4	4,9
347	2,2	2,8	3,1	3,6	4,0
399	1,9	2,3	2,6	2,7	3,0
448	1,6	1,9	2,4	2,6	2,8
517	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9
Granulado C					
199	6,7	9,8	12,4	14,6	15,5
243	6,0	8,8	9,2	12,2	13,2
297	3,0	4,0	4,8	5,4	5,7
350	2,3	2,8	3,2	3,8	4,6
399	2,3	2,6	3,2	3,3	3,5
448	1,4	1,9	2,4	2,5	2,6
510	1,0	1,4	1,6	1,65	1,8

Tabla 5. Conductividad térmica de aglomerados compuestos. Resultados obtenidos.

Granulado A		Granulado B		Granulado C	
Densidad kg/m <sup>3</sup>	Lw/mk	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Lw/mk	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Lw/mk
195	0,0685	196	0,0668	199	0,0693
255	0,0705	255	0,0702	243	0,0688
293	0,0846	302	0,0843	297	0,0829
347	0,0868	347	0,0886	350	0,0966
399	0,1042	399	0,0989	399	0,1006
460	0,1102	448	0,1098	448	0,1102
516	0,1169	517	0,1173	510	0,1120

### Correlación conductividad térmica y densidad

---

$L = \text{Kw/m.k}$	$\rho = \text{Kg/m}^3$
Granulado A	$L = A + B.\rho$ $A = 0,338 = 1/29$ $B = (1,64177)^{-0,4} = 1/6098 = 0,9806$ $L = 1/29 + \rho/6098$
Granulado B	$L = A + B.\rho$ $A = 0,03138 = 1/32$ $B = (1,6891)^{-0,4} = 1/5920 = 0,9911$ $L = 1/32 + \rho/5920$
Granulado C	$L = A + B.\rho$ $A = 0,003628 = 1/28$ $B = (1,5798)^{-0,4} = 1/6330 = 0,9748$ $L = 1/28 + \rho/6330$

---

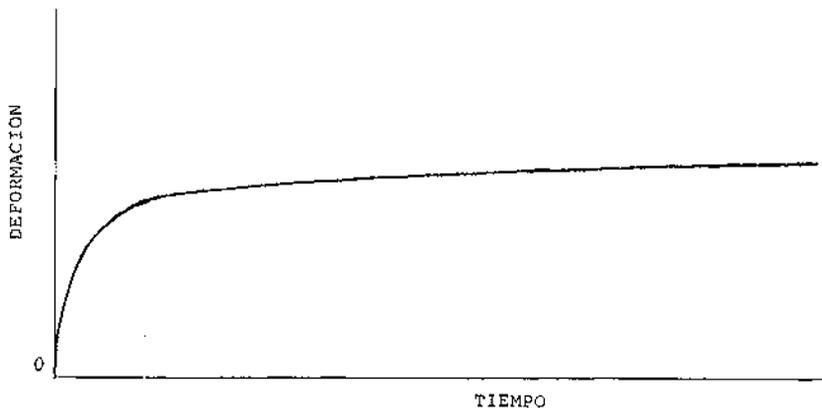


Figura 2. Diagrama característico de compresión estática.

## CONCLUSIONES

Como conclusiones obtenidas de los resultados anteriores podemos considerar las siguientes:

En lo referente a la resistencia de rotura por tracción podemos decir que dicha resistencia es directamente proporcional a la densidad del aglomerado compuesto, con independencia de la granulometría en el tramo comprendido entre 200 y 500 kg/m<sup>2</sup> de densidad.

Referente a la resistencia a la compresión estática, se observa en la curva característica que la deformación menor es la densidad del aglomerado y que dicha deformación se produce en una forma rápida en los primeros minutos de la aplicación de la carga, para después ir reduciendo esa deformación hasta conseguir una deformación constante, que se puede conseguir después de varios días de aplicación de la carga.

La explicación de este suceso es debida a la composición del corcho a base de celdas herméticas rodeadas de paredes de ceras naturales y un nervio de lignina que da una resistencia más rígida a su constitución.

En relación con la resistencia a la compresión dinámica, en la curva característica se puede comprobar que existe en su longitud un punto de inflexión; es decir, existe una zona *a* en que la deformación se puede considerar proporcional a la car-

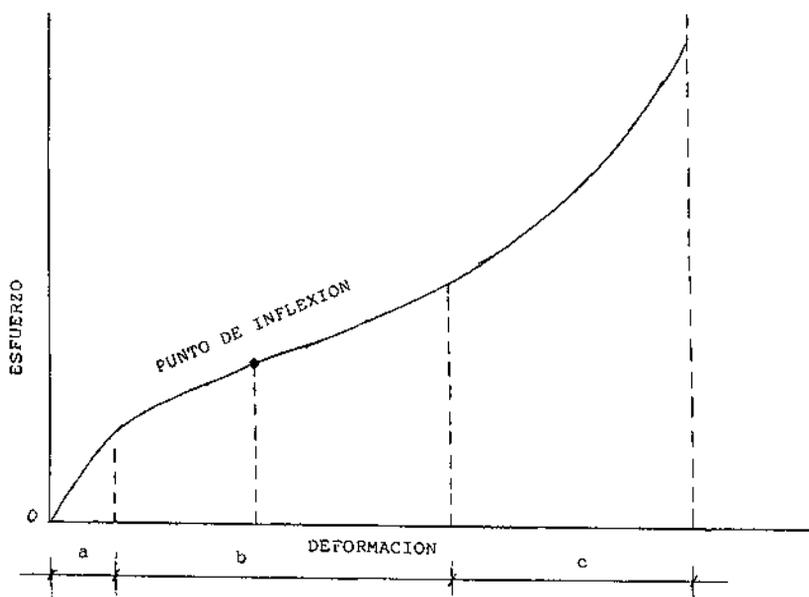


Figura 3. Diagrama característico de compresión dinámica.

ga. Posteriormente, en la zona *b*, la deformación y la carga vuelven a ser —de forma aproximada— proporcionales siendo mayor la deformación. Y por último la zona *c*, de igual proporción de esfuerzos —deformación— que la zona *a*.

La explicación del suceso es debida a que en la zona *a* no se ha producido rotura de la estructura interna del corcho, en especial de la lignina, mientras que en el momento de la rotura de dicha estructura aparece la zona *b* de plasticidad de la deformación de las ceras naturales del corcho y una reducción considerable del volumen de las células del corcho y por consiguiente de la compresión de aire contenido en su interior y posible fuga de dicho aire de las células, y en la zona *c* se produce cuando el corcho se considera como un material más homogéneo y compacto, en el cual las deformaciones son prácticamente proporcionales a las cargas soportadas.

Referente a la conductividad térmica de los aglomerados compuestos, podemos observar que dicho parámetro tiene un coeficiente de correlación del orden de 0,98-0,99-0,97 lo que indica una correlación casi directa con la densidad del aglomerado.

Se puede comprobar que la conductividad térmica de los aglomerados compuestos de corcho responde a una recta de regresión con fórmulas lineales y que no presentan diferencias significativas en función de los granulados empleados en el estudio.

Es por ello por lo que se puede decir que la conductividad térmica de los aglomerados compuestos de corcho en densidades comprendidas entre 200 y 500  $\text{kg}/\text{m}^3$  es proporcional a las densidades de los mismos, e independiente del tamaño del grano inicial y de la densidad inicial del granulado en valores comprendidos entre 55 y 73  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

### **Bibliografía**

NORMA ISO 4714-1986. Aglomerado compuesto.

NORMA ISO.3810-1987. Losetas de aglomerado para revestimiento de suelos.

NORMA ISO 2582-1978. Corcho y productos de corcho. Determinación de la conductividad térmica.