

### Influencia de las variables de prensado

Esta ficha es copia de textos y figuras del libro "PRENSAS, MOLDES Y PRENSADO". 2ª Ed. de Rafael Galindo Renau. Ed. Macer. Castellón. 2018.

A medida que se incrementa la presión de compactación, el comportamiento de los aglomerados depende básicamente de su contenido en humedad y de su dureza. Por otra parte, la compactación y la microestructura en crudo conseguida mediante el flujo de partículas, dependen de la presión; de su distribución granulométrica y de otras propiedades físicas de las partículas, como su forma y su rugosidad. Así pues, las principales variables que afectan a la compactación y a la microestructura de la operación de prensado son la distribución granulométrica de las partículas y de los granulos; su dureza y humedad y la presión de prensado.

### Influencia de la humedad del polvo y de la presión de prensado.

Si se mantienen constantes la presión de prensado y la distribución granulométrica de las partículas, la densidad aparente de las baldosas prensadas aumenta a medida que lo hace la humedad. Esto se debe a que la acción lubricante del agua favorece la deformación de los granulos, y por tanto disminuye la porosidad intergranular, y reduce el rozamiento entre las partículas facilitando su empaquetamiento por efecto de la presión. Este efecto se mantiene en todo el rango habitual de humedades, si bien a valores más elevados de la humedad, cuando el agua ocupa prácticamente la totalidad de los poros, se invierte y el aumento de la humedad se traduce en la disminución de la porosidad en crudo. La humedad a la que se produce este cambio se denomina "humedad crítica" y su valor es muy superior al de las humedades habituales de trabajo, si bien disminuye a medida que aumenta la presión de prensado <sup>[1]</sup>.

Si se mantiene constante la distribución granulométrica de las partículas y la humedad del polvo, los incrementos de la presión de prensado se traducen en un mayor flujo de partículas en la fase de empaquetamiento de estas y por tanto en un aumento de la densidad aparente en crudo (seco y verde) de la baldosa.

En la figura 1 se muestra el diagrama de compactación (densidad aparente – logaritmo de la presión), a diferentes humedades, de una pasta blanca de revestimiento, y en las figuras 2 y 3 los diagramas  $\rho_a(s)=f(H,P)$  para pastas atomizadas de gres rojo y de gres porcelánico empleadas en la industria cerámica.

Por tanto:

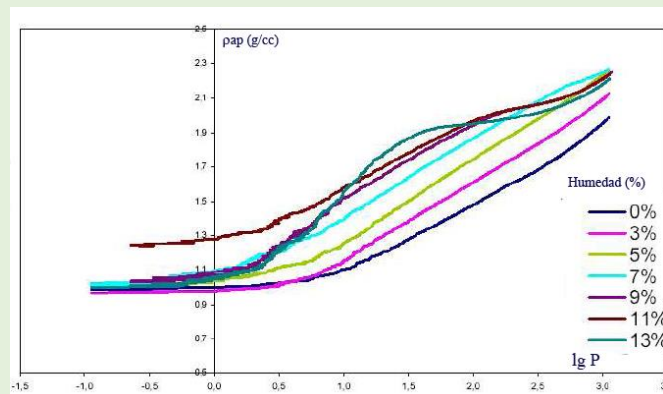


Figura 1. Diagramas de compactación a diferentes humedades de una pasta atomizada de revestimiento poroso blanco.  
Fuente: Instituto de Cerámica y Vidrio - MACER

Para humedades inferiores a la humedad crítica se puede relacionar la densidad aparente en seco ( $\rho_a$ ) con la presión ( $P$ ) y la humedad ( $X_s$ ) mediante una expresión del tipo:

$$\rho_a = k_1 + k_2 \cdot \ln P$$

En la que  $k_1$ ,  $k_2$ , a su vez dependen de la humedad <sup>[2]</sup> según:

$$k_1 = a + b \cdot X_s$$

$$k_2 = c + d \cdot X_s$$

Estas ecuaciones son válidas también para describir el efecto conjunto de la humedad y la presión sobre la densidad aparente en seco de probetas prensadas con polvos preparados por vía seca y posterior humectación o para polvos granulados [1].

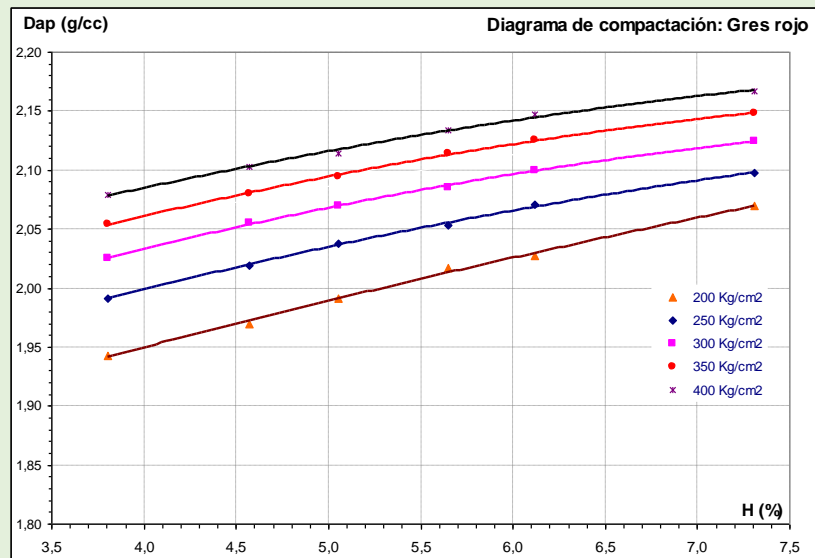


Figura 2. Relación entre la densidad aparente en seco, humedad y presión de prensado, para una pasta de gres rojo.

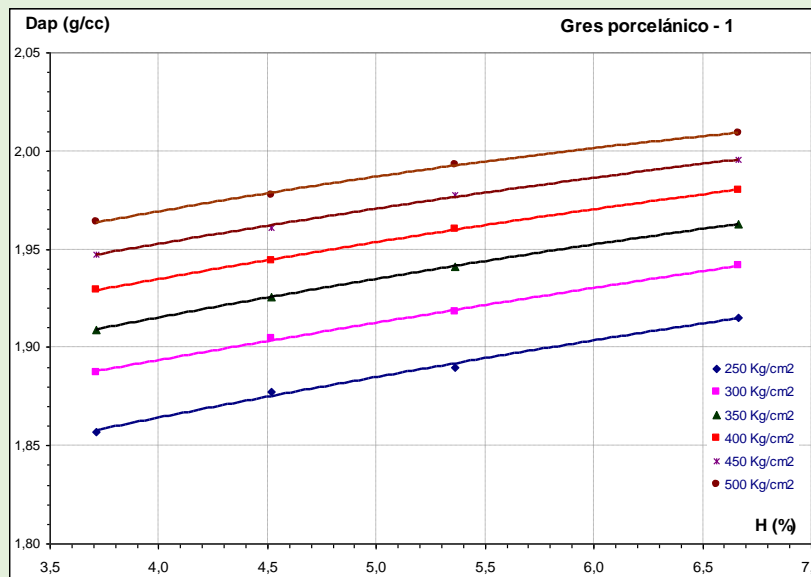


Figura 3. Relación entre la densidad aparente en seco, humedad y presión de prensado, para una pasta de gres porcelánico.

En la figura 4 se muestran las representaciones gráficas de la relación entre la densidad aparente en seco y el logaritmo de la presión, para una pasta de gres rojo pensada a diferentes humedades. La pendiente de la recta ( $k_2$ ) expresa la sensibilidad de la densidad aparente de la pasta a los cambios de presión, y, como se ha dicho, depende de la humedad, de manera que a medida que aumenta esta disminuye la pendiente, es decir, la pasta se hace menos sensible a las diferencias de presión (siguiente tabla y figura 5).

$X_s$ (%)	$K_1$	$K_2$	$r^2$
3,81	0,910	0,195	0,99848
4,57	0,955	0,192	0,99552
5,06	1,059	0,177	0,99502
5,65	1,109	0,171	0,99911
6,12	1,121	0,171	0,99858
7,31	1,315	0,142	0,99846

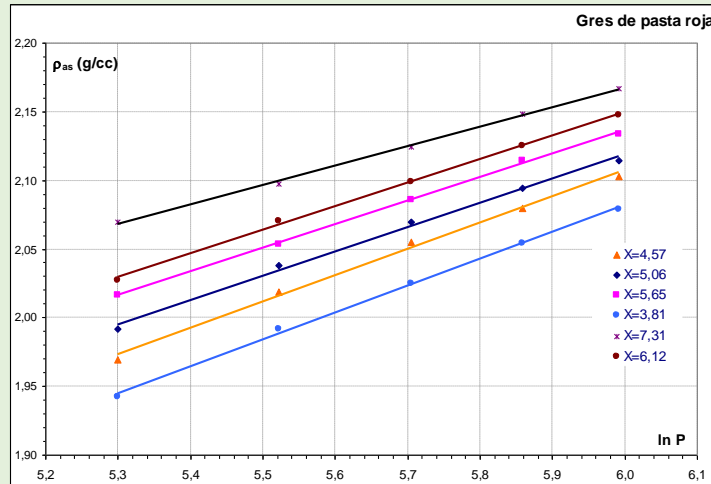


Figura 4. Relación entre la densidad aparente en seco y logaritmo neperiano de la presión, a humedad constante, para una pasta de gres rojo.

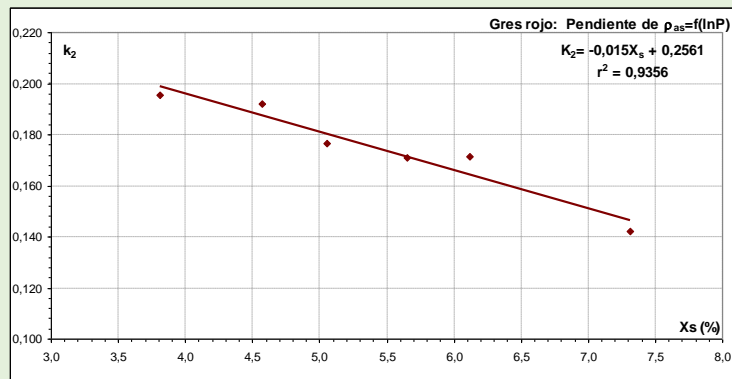


Figura 5. Variación con la humedad de la sensibilidad de la compactación con las diferencias de presión de una pasta de gres rojo.

### Curvas de isocompactación

A partir de las relaciones entre densidad aparente, presión y humedad pueden obtenerse pares de valores ( $P_i$  ;  $X_i$ ) para valores constantes de la densidad aparente. Representando estos pares de valores, se obtienen las denominadas "curvas de isocompactación" como la representada en la figura 6, que permiten seleccionar valores de presión de prensado para contrarrestar oscilaciones de la humedad del polvo manteniendo así constante la compactación.

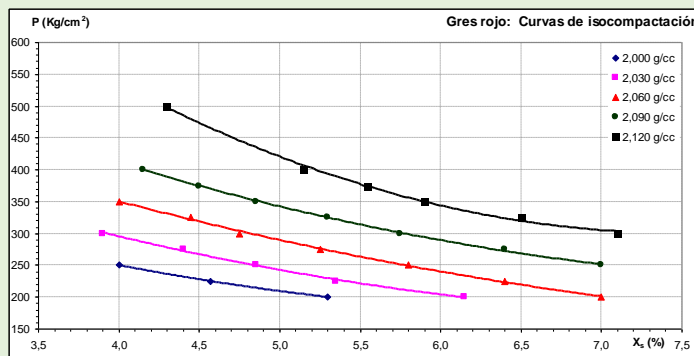


Figura 6. Diagrama de isocompactación. Pasta de gres rojo.

Debe tenerse en cuenta que la microestructura obtenida con diferentes pares de valores de presión y de humedad puede ser muy diferente, pese a que la compacidad sea la misma, ya que el comportamiento de los gránulos está condicionado por la humedad. De hecho, los gránulos son mucho más duros a bajas humedades, y por tanto son menos deformables.

Bagán, V.<sup>[3]</sup> determinó la distribución porosimétrica de soportes de gres porcelánico obtenidos mediante prensado a diferentes humedades y presiones. Las distribuciones obtenidas se ajustaron satisfactoriamente a la distribución normal-logarítmica y se determinaron los parámetros diámetro medio geométrico ( $d_G$ ) y desviación geométrica estándar ( $s_G$ ), observándose que, a presión constante, el diámetro medio geométrico de los poros disminuye a medida que aumenta la humedad del polvo, aumentando también la desviación geométrica estándar, es decir, la dispersión de los tamaños de poros, debido, según el autor, al aumento del volumen de los poros de tamaño pequeño; la desaparición de los poros de tamaño medio y el mantenimiento, aunque deformados, de los poros de tamaño grande.

Para incrementos de la presión, manteniendo la humedad del polvo constante, observó que también disminuye el diámetro geométrico medio de los poros; pero en cambio la dispersión de la distribución porosimétrica aumenta, debido a que, con el aumento de presión, los poros gruesos disminuyen de tamaño, aumentando la proporción de poros finos.

#### Influencia de la distribución granulométrica de las partículas.

Si aumenta el tiempo de molienda de una pasta, el diámetro medio de las partículas disminuye, y también lo hace su dispersión. Es decir, con la molienda, la distribución de tamaños se hace más estrecha, lo que significa que tiene una menor capacidad de empaquetamiento debido a la similitud de tamaños de las partículas, lo que nos dará valores más bajos de la densidad aparente.

Si es posible ajustar la distribución resultante al modelo de Rosin, Rammler, Sperling y Bennett (RRSB), el índice de uniformidad ( $n$ ) aumenta con el tiempo de molienda, y este aumento nos permite cuantificar esta dificultad para el empaquetamiento. Similar información nos dan los estadísticos de medida de la dispersión (varianza o desviación típica) si es posible ajustar la curva a una distribución normal o log-normal, o el parámetro  $n$  en ajustes a la distribución de Alfred.

#### Influencia de las características de los gránulos.

Las principales características de los gránulos son su distribución granulométrica; naturaleza; forma; contenido en humedad; naturaleza del ligante; densidad de gránulo y dureza. Estas características influyen en la operación de compactación, de manera que:

- Si se mantienen constante las variables de la operación de prensado, a medida que desciende la presión de fluencia de los gránulos, es decir, a medida que disminuye su dureza, mayor es la compacidad de la pieza obtenida.
- A medida que disminuye la dureza del gránulo, el efecto de la presión de prensado sobre la compacidad se hace más patente, es decir, aumenta la constante  $k_2$  de la ecuación

$$\rho_a = k_1 + k_2 \cdot \ln P$$

#### Bibliografía

- (1) AMORÓS, J.L. et al. "Técnicas experimentales del control de la compactación de pavimentos y revestimientos cerámicos". Técnica Cerámica nº 116. 1234 – 1246. (1983).
- (2) AMORÓS J.L. et al. "La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. I. Influencia de la naturaleza del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en crudo". Bol. Soc. Esp. Cer. Vid. 273 – 282. (1988).
- (3) BAGÁN, V. "Efecto de las condiciones de operación en las diferentes etapas del proceso sobre las propiedades y características de pavimento de muy baja porosidad". Universitat de València. Tesis Doctoral. (1991).