

# Empleo de la bentonita de Bañado de Medina como aglomerante de arenas de moldeo para fundición de metales

BLAS MELISSARI y LUIS GIRIBONE

Instituto de Tecnología y Química de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura de Montevideo

## ABSTRACT

In this paper the convenience of employing synthetic molding sand bonded by bentonitic clay is pointed out and possibility of application of montmorillonitic clay existent in an ample layer in Bañado de Medina (Cerro Largo Department, Uruguay) to this end is studied.

For this purpose characteristics of base silica sand and bonding clay were studied, determining also the properties of mixtures prepared with different water and clay contents as well as — in some cases — with different periods of preparation.

The properties determined were compression, shear and tensile strengths as well as permeability, all in the green mixture.

The curves of properties thus obtained permit to appreciate the quality of the studied clay, to dosify conveniently the mixture to be employed and appreciate the remarkable improvement by increasing the period of its preparation.

## INTRODUCCION

En la práctica del moldeo para fundición de metales es muy común el empleo de arenas con aglomerante arcilloso. Estas arenas pueden ser naturales y emplearse tal como son extraídas de las

canteras, con una preparación muy sencilla que consiste en romper los terrones, homogeneizarla y aerearla pasándola por un tamiz, para finalmente llevarla a la humedad adecuada. Resulta obvio señalar que la arena así obtenida no puede llenar en la mayoría de los casos las exigencias de los trabajos que deben llevarse a cabo en una fundición.

Una primera etapa para la corrección de los inconvenientes que resulten del empleo de una tierra natural consiste en la adición de ciertos agregados con la finalidad de darle al material mayor resistencia (aglomerantes de tipo arcilloso, sustancias orgánicas, sintéticas, etc.), mayor permeabilidad (arena de granulometría más gruesa o uniforme) o una mejor terminación a la superficie de los moldes (arena fina, carbón, etc.).

La solución de emplear estas tierras llamadas semi-sintéticas en muchos casos resulta insuficiente o antieconómica por los defectos que puede tener la constitución de la tierra natural utilizada. Entonces se prefiere ir directamente al empleo de tierras sintéticas, obtenidas artificialmente mezclando los materiales básicos tomados aisladamente. De manera que puede obtenerse cada uno de ellos de la mejor calidad posible a los efectos de formar un material de moldeo con las propiedades requeridas y adecuadas a cada empleo, con la ventaja adicional de la seguridad en la constancia de la composición y sus propiedades.

La gran mayoría de los talleres de fundición de nuestro país trabaja con tierras naturales con muy pequeña proporción de agregados. Sin embargo en algunas fundiciones más desarrolladas, sobre todo en aquellas que efectúan el moldeo mecánicamente, se emplean arenas sintéticas utilizándose como aglomerante arcillas importadas de Francia, Estados Unidos o Argentina, por desconocerse la existencia de una arcilla nacional de condiciones comparables a las extranjeras en la cual puedan confiar.

El motivo del presente trabajo es precisamente estudiar la posibilidad de aplicar la arcilla montmorillonítica existente en un amplio yacimiento en Bañados de Medina (Departamento de Cerro Largo) como elemento aglomerante de arenas de moldeo.

Este mismo material ya ha sido estudiado con la intención de destinarlo a otro tipo de aplicaciones, como por ejemplo la decoloración de aceites previa activación con ácido sulfúrico (1).

De la consideración del estudio últimamente citado resulta que el material tiene 80 a 90 % de montmorillonita cálcica (con algo de Na<sup>+</sup>), 5 a 10 % de arena biotítica y 5 % de CO<sub>3</sub>Ca. Debido precisamente a su elevado contenido de montmorillonita, confirmado por estudios más recientes efectuados en nuestro Instituto (2), es que nos ha parecido conveniente el empleo de este material como aglomerante de arenas de moldeo. Por otra parte el yacimiento es suficientemente grande y de fácil acceso como para justificar su explotación.

A los efectos del estudio indicado se mezcló la arcilla del yacimiento, previamente molida, con arena silíceo en proporciones variables. Posteriormente se hicieron mezclas con distintos contenidos de humedad y se sometieron a un amasado durante 5 minutos en un molino tipo Simpson de rodillos de eje horizontal. Sobre cada una de las mezclas así preparadas se determinaron las siguientes propiedades: resistencia a la compresión, resistencia al corte, resistencia a la tracción y permeabilidad, todas para la mezcla verde.

### CARACTERISTICAS DE LA ARCILLA

La arcilla se presenta en el yacimiento en forma de roca poco compactada y una vez extraída llega en trozos de tamaño variado, bastante consistentes.

Para poder emplear esa arcilla se procedió a su molienda primeramente en una trituradora de mandíbulas, luego en un molino de disco hasta que el material pasara por un tamiz de 18 mallas y finalmente por otro molino de discos hasta que todo pasara por el tamiz U.S.S. N<sup>o</sup> 140 (abertura: 0.105 mm).

#### *Análisis granulométrico*

El análisis granulométrico del polvo impalpable así obtenido dió el resultado que se expresa en el cuadro I, donde se lo compara con el de una bentonita importada, en uso de una fundición nacional.

Para el empleo en arenas de fundición se recomienda que el 100 % de la arcilla pase por el tamiz 140 y el 90 % por el 200. Como puede observarse la molienda que efectuáramos con la arcilla de Bañado de Medina cumple la primera condición y no alcanza al valor de la segunda. En cambio la bentonita importada no cumple ninguna de las recomendaciones, aunque contiene un mayor contenido de las fracciones más finas.

#### *Análisis químico*

Sílice total ( $\text{SiO}_2$ ) .....	57.8 %
Oxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) .....	3 "
Oxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) .....	17.5 "
Titanio .....	no contiene
Oxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) .....	3.8 "
Oxido de Magnesio ( $\text{MgO}$ ) .....	2.5 "
Pérdida al Rojo .....	10.4 "
Alcalis, no dosados, etc. ....	5.0 %

#### *Determinación del contenido de Montmorillonita*

Vamos a puntualizar las razones por las cuales conviene conocer la calidad y el contenido del mineral arcilloso que contiene una arcilla.

Los minerales arcillosos son silicatos de alúmina hidratados, que pueden contener además hierro, magnesio, calcio, sodio o potasio.

Los minerales arcillosos principales son: Attapulgita, Illita, Caolinita, Glauconita y Montmorillonita.

Sus partículas elementales son láminas muy delgadas superpuestas, cada una de las cuales está constituida por capas de átomos cuya naturaleza y disposición determina sus características aglomerantes.

La relación entre el área superficial y el peso de dichas partículas, que se denomina área superficial específica, resulta entonces muy grande y varía mucho según los tipos de arcilla. Así por ejemplo, tendremos los siguientes valores: (3)  
Bentonita con más de 75 % de montmorillonita: 300 a 500  $\text{m}^2/\text{gr}$ .

## CUADRO I.

*Análisis granulométrico comparativo de dos arcillas*

Tamiz	Número de mallas por pulg. <sup>2</sup>	Aber-tura micrones	Material retenido en el tamiz			
			Arcilla de Bañado de Medina		Bentonita importada	
			peso g	%	peso g	%
140	150	105	0	0	5.4	8.3
200	200	74	8.3	16.4	6.3	9.7
270	270	53	21.2	42.0	7.7	11.9
325	325	44	9.0	17.8	6.4	9.9
	Plato		12.1	23.8	39.0	60.2

Bentonita con 40 a 75 % de montmorillonita: 150 a 300 m<sup>2</sup>/gr.  
 Caolinita u otra arcilla poco hinchable ..... 150 m<sup>2</sup>/gr.

El área superficial específica es una característica muy importante para determinar la calidad de una arcilla. Generalmente todas las propiedades de una arena de moldeo mejoran al aumentar el área superficial específica de la arcilla aglomerante empleada.

Las diferencias de áreas superficiales específicas para diferentes arcillas pueden ser determinadas por la variación en la absorción de pigmentos, como por ejemplo el azul de metileno.

Entre todos los minerales arcillosos, la montmorillonita es la que tiene partículas más pequeñas y por lo tanto la mayor área superficial específica. Luego el aumento en el contenido de montmorillonita de una arcilla incrementa su área superficial específica y consecuentemente su poder aglomerante.

Las arcillas con más del 75 % de Montmorillonita se denominan bentonitas. Las bentonitas son muy empleadas para arenas sintéticas por su plasticidad y poder aglomerante, propiedades que varían de acuerdo a su contenido de montmorillonita. De ahí la importancia de determinarla cuando se estudia una arcilla.

Sin embargo el área superficial específica que puede tener una arcilla montmorillonítica no sólo depende de su contenido del mineral sino que también del tipo de recubrimiento iónico que rodea a sus partículas elementales.

Cuando el recubrimiento es de iones  $\text{Na}^+$ , lo que sucede en las llamadas bentonitas sódicas, el área superficial específica de la arcilla al entrar en contacto con el agua, llega a un valor máximo por la influencia de dicho ión en la separación de las distintas láminas. Este tipo de bentonita es difícilmente obtenible naturalmente, siendo muy conocidos al respecto los yacimientos de la llamada bentonita Western existentes en el estado de Wyoming (EE.UU.).

Generalmente lo que se encuentra es bentonita cálcica, que tiene las capas rodeadas de iones  $\text{Ca}^{++}$ . Este tipo de bentonita desarrolla un área superficial específica menor que la sódica. De ahí que muchas veces para mejorar su comportamiento se recurra a la adición de sustancias como el Carbonato de Sodio, que transfieren a la montmorillonita sus iones sodio, dotándola de una estructura similar a la de la bentonita sódica y por lo tanto aumentando su área superficial específica y su capacidad aglomerante. Esto es lo que se denomina en fundición, activación de la arcilla.

El estudio sobre el comportamiento de la arcilla de Bañado de Medina se hizo con el material tal como se extrae de la cantera, sin agregado alguno, sin activación, lo que puede ser motivo de un estudio posterior.

La determinación del contenido de montmorillonita por el método de adsorción de azul de metileno se basa en que el área superficial específica de la montmorillonita activada es tan grande en relación a la de los otros minerales presentes que prácticamente es la responsable de la totalidad del colorante adsorbido por la arcilla.

Por tratarse de un método sencillo y poco divulgado, lo describiremos someramente a continuación (4).

A los efectos de tener condiciones iniciales comparables, primeramente se activa completamente la arcilla cubriéndola con átomos de sodio mediante el agregado de pirofosfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) en la proporción 1:1 con respecto a la arcilla seca. Luego de un secado por 24 horas se agrega a la arcilla una solución con 0.2 % de azul de metileno y se agita para permitir la adsorción del colorante por parte de la arcilla. Una vez separada la fracción sólida por centrifugación, se determina la concentración de azul de metileno en el líquido que queda comparándolo con soluciones patrones en el colorímetro. Es posible entonces calcular los gramos de azul de metileno adsorbidos por 100 gramos de la arcilla seca. Ese número es lo que se llama valor de azul de metileno.

Para contenidos de montmorillonita por arriba de 40 % se puede determinar el porcentaje de montmorillonita de la arcilla empleando la fórmula empírica:

$$\text{Contenido de montmorillonita (\%)} = \frac{\text{Valor de azul de metileno}}{0,442}$$

El valor del contenido de montmorillonita obtenido fue de 90 %, valor alto que confirma los antecedentes de la arcilla del mismo yacimiento, que sindicaban al material como una bentonita cálcica de elevado contenido de montmorillonita.

### CARACTERÍSTICAS DE LA ARENA DE BASE

Se empleó arena voladora de Carrasco, material usado por algunas fundiciones que trabajan con arenas sintéticas.

#### *Análisis químico*

Los resultados del análisis químico, efectuado por el Departamento de Análisis Técnico del Instituto de Tecnología y Química son los siguientes:

Sílice total ( $\text{SiO}_2$ ) .....	88.1 %
Oxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) .....	0.4 %
Oxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) .....	6.8 %
Oxido de Titanio ( $\text{Ti O}_2$ ) .....	no contiene
Oxido de Calcio ( $\text{Ca O}$ ) .....	0.1 %
Pérdida al Rojo .....	0.4 %

*Contenido de finos menores que 20 micrones*

Esta determinación se hizo con el método establecido por la norma DIN 52401 de octubre de 1955. Igual que en el método AFS, se trata de separar por decantación las fracciones de diámetro medio inferior a 20 micrones, pero difiere del método americano en los siguientes aspectos:

- 1º) Se parte de una muestra seca de 20 gramos y no de 50.
- 2º) Se agregan 190 ml. de agua corriente y 10 ml. de solución de pirofosfato de sodio 5 % en lugar de 475 ml. de agua destilada y 25 ml. de solución de soda 3 % empleados por el método AFS como dispersante.
- 3º) Se hierva la mezcla durante 4 minutos y luego se agita durante 5 minutos. El método AFS sólo indica la agitación por el mismo tiempo.
- 4º) Se hacen varios ciclos de decantación previos de 7 a 8 minutos hasta obtener un líquido claro, sin agitación entre uno y otro ciclo. En cambio la norma AFS establece dos decantaciones de 10 minutos pero con agitación entre ellas.
- 5º) Se repiten tantos ciclos de decantación como sean necesarios para obtener un líquido limpio, con una duración que depende de la temperatura del líquido (desde 5 min. 40 seg. para 10 °C hasta 4 min. 15 seg. para 24 °C), sin agitar el líquido luego de llenado el vaso para la decantación. La norma AFS sólo establece períodos de decantación de 5 minutos, con agitación entre uno y otro.

No es el propósito de este trabajo comparar ambos métodos de determinación de finos, pero es indudable que existen diferencias muy marcadas entre los mismos.

Hay factores que toma en cuenta un procedimiento pero no el otro, de tal manera que no pueden establecerse a priori ventajas del punto de vista de la exactitud para ninguno de ellos.

El contenido de partículas de diámetro medio inferior a 20 micrones de la arena resultó igual a 0,28 %.

*Análisis granulométrico*

Se realizó sobre la muestra lavada, habiéndose empleado la serie de tamices U.S.S. que establece la norma AFS.

Las normas DIN emplean tamices de abertura milimétrica y para obtener un módulo de finura comparable con el AFS introduce multiplicadores adecuados. De lo que resulta que es indiferente emplear una u otra serie de tamices para definir el módulo de finura.

Los resultados del análisis granulométrico se resumen en el cuadro II.

CUADRO II

*Análisis granulométrico de la arena voladora de Carrasco*

Número de tamiz	Material retenido		Material acumulado %	Coeficiente (*)	Producto de material retenido por el coef.
	g	%			
6	—	—	—	3	—
12	—	—	—	5	—
20	0.40	0.8	0.8	10	8
30	1.30	2.6	3.4	20	52
40	1.69	3.4	6.8	30	102
50	2.10	4.2	11.0	40	168
70	7.77	15.6	26.6	50	780
100	30.77	61.6	88.2	70	4310
140	5.51	11.0	99.2	100	1100
200	0.07	0.1	99.3	140	14
270	—	—	99.3	200	—
Plato	0.04	0.1	99.4	300	30
Totales	49.65	99.4			6564

(\*) = Coeficiente por el cual se debe multiplicar cada fracción retenida a los efectos de calcular el módulo de finura.

Se representan estos resultados en la gráfica de distribución granulométrica (fig. 1), con las curvas de porcentajes retenidos en cada tamiz y porcentajes acumulados hasta cada uno de ellos.

El módulo de finura de la arena resulta 66, o sea que el tamaño medio de grano es de 0.24 mm.

El porcentaje de finos, o sea de granos que pasan por el tamiz 140 es de 0,2 %.

El coeficiente de distribución, o sea la mayor suma de los porcentajes retenidos en tres tamices consecutivos es de 88.2 %, correspondiente a los tamices 70, 100 y 140.

El coeficiente de uniformidad, obtenido por la relación entre

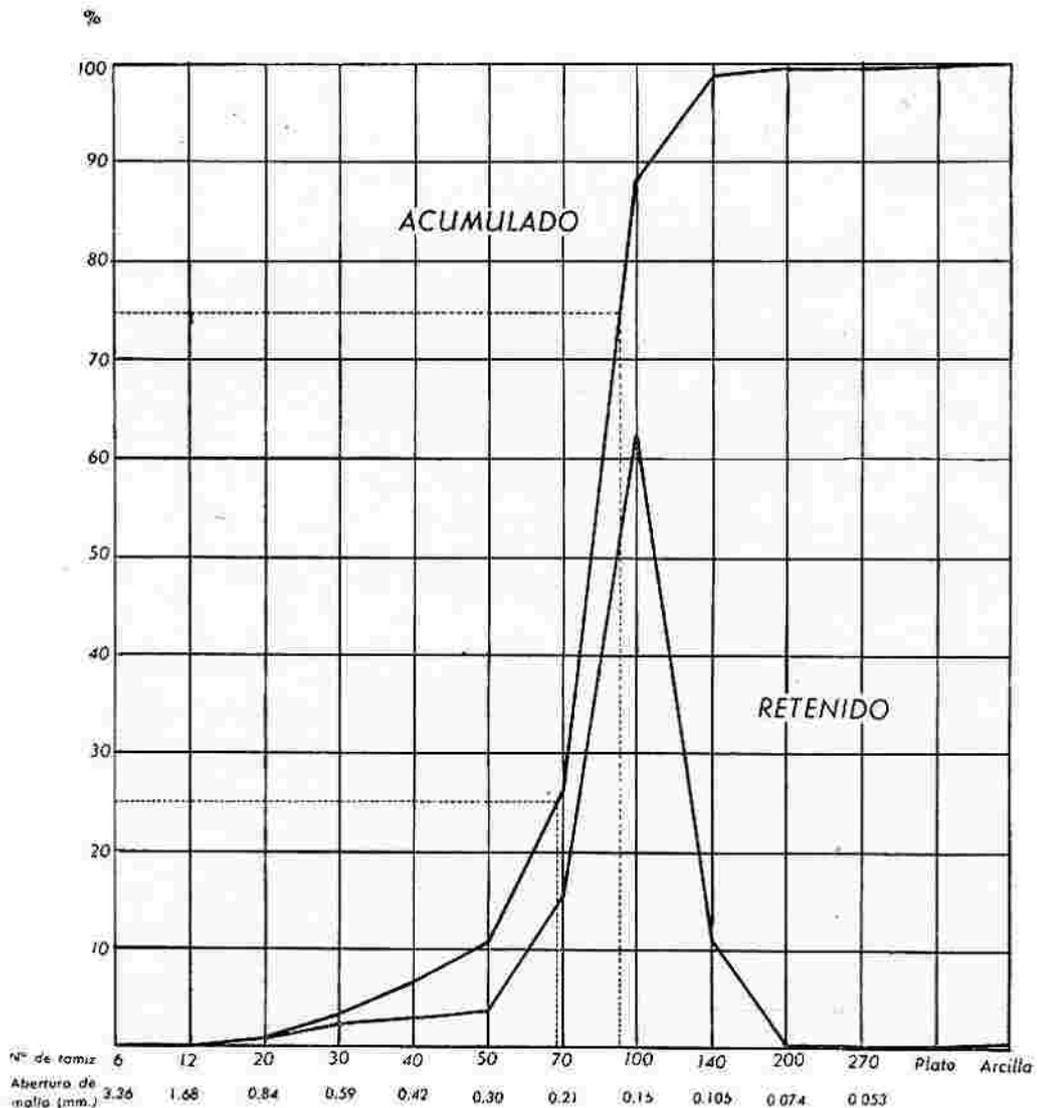


Fig. 1. — Gráfica de distribución granulométrica.

la abertura del tamiz ideal que retiene el 25 % y la abertura del tamiz ideal que retiene el 75 % en la curva de porcentaje acumulados, resulta  $\frac{0.22}{0.16} = 1.38$ .

#### *Forma y superficie de los granos*

Mediante observación microscópica a 40 aumentos de las distintas fracciones del análisis granulométrico se determinó que la arena está formada por granos subangulares, o sea con cantos redondeados, y su superficie es lisa.

#### *Densidad aparente y porosidad*

La densidad aparente es 1.66 g/cm<sup>3</sup>, de donde resulta una porosidad de 37 %.

#### *Area superficial específica real*

Se determinó mediante el aparato Georg Fischer, midiendo el tiempo de pasaje de un volumen de aire a través de una columna normalizada de la arena ensayada. Se obtuvo un valor de 156 cm<sup>2</sup>/gramo.

#### *Area superficial específica teórica y coeficiente de angularidad*

Se calculó pasando la muestra por los tamices de abertura 0.6, 0.3, 0.2, 0.1 y 0.06 mm y suponiendo cada fracción compuesta de granos esféricos de diámetro igual al promedio entre las aberturas de los tamices entre los cuales se recogió. Los resultados se resumen en el cuadro III.

De acuerdo a los valores obtenidos en el Cuadro III el área superficial específica teórica es igual a 127 cm<sup>2</sup>/gramo.

El coeficiente de angularidad, relación entre la superficie real y la teórica resulta igual a 1.23.

Este coeficiente es un índice de la forma de los granos de arena y en cierto modo caracteriza los yacimientos naturales.

## CUADRO III

*Análisis granulométrico de la arena voladora de Carrasco*

Abertura de tamiz mm	Retenido g	Factor (*)	Producto (área de la fracción)
0.6	2.12	28.30	60.6
0.3	3.47	50.31	174.7
0.2	9.80	90.40	886.0
0.1	34.43	150.93	5200.0
0.06	0.07	283	19.8
Plato	—	565	—
<b>Total</b>	<b>49.89</b>		<b>6341.1</b>

(\*) Area superficial específica media de la fracción retenida.

En efecto, para depósitos naturales no consolidados se obtiene que el coeficiente de angularidad de los granos depende de su tamaño, aumentando para las fracciones más finas. El coeficiente de angularidad para un tamaño de grano se mantiene constante para un mismo depósito, pero su valor varía de acuerdo al origen geológico del mismo. De ahí resulta que para un mismo depósito el coeficiente de angularidad promedio de una mezcla de distintos tamaños se mantiene sólo si la distribución granulométrica es constante. (5)

Desde el punto de vista del empleo de la arena en materiales de moldeo, es importante su influencia sobre la tendencia a los efectos de expansión (colas de rata y descascaramientos). Para el tamaño de grano medio de esta arena (0.24 mm) conviene tener el menor coeficiente de angularidad posible. El valor de 1.23 obtenido se puede considerar bajo y por lo tanto conveniente desde este punto de vista.

*Capacidad de absorción de agua*

Para determinar la cantidad de agua que es capaz de retener la arena en su superficie y en sus poros se empleó el dispositivo Georg Fischer, resultando un valor de 1.61 % respecto a la arena húmeda.

Si esa arena fuera lisa, sin poros en sus caras, la cantidad de agua retenida, exclusivamente en su superficie, sería función de su área superficial específica real, correspondiéndole en este caso el valor 1.24 %. Debido a los poros, la cantidad de agua retenida aumenta, por lo que la diferencia entre 1.61 y 1.24 es una medida de la porosidad de los granos de arena.

*Comentarios sobre la arena empleada*

De acuerdo a los ensayos realizados, se trata de una arena que puede emplearse como componente de mezclas sintéticas para metales ferrosos, aunque su contenido de sílice es relativamente bajo. Es una característica general que limita bastante el uso de las arenas de la zona de Carrasco.

Sin embargo el contenido de óxido de hierro es bajo, por lo que no es de esperar que afecte la refractariedad de la arena.

Es una arena prácticamente de 3 tamices, con bajísimo contenido de finos, por lo cual pueden obtenerse altos valores de permeabilidad y su módulo de finura supera al mínimo que exigen los materiales ferrosos para obtener superficies de buena terminación. Además la forma de grano y sus características permiten obtener una buena resistencia, deseable para el uso en aleaciones ferrosas.

Es inadecuada para no ferrosos, por lo menos para las partes del molde vecinas a la pieza (arena de cara), por la facilidad de obtener con ellos defectos de penetración debidos a la baja tensión superficial que presentan en estado líquido.

ENSAYOS TECNOLÓGICOS DE LA ARENA DE MOLDEO  
PREPARADA CON BENTONITA DE BAÑADO DE MEDINA  
Y ARENA VOLADORA DE CARRASCO

De cada una de las mezclas preparadas se determinaron permeabilidad, resistencia a la compresión y resistencia al corte en verde siguiendo las normas DIN 52401 de octubre de 1955.

La resistencia a la tracción en verde se determinó con un aparato fabricado por la firma Ullrich & Roser, sobre diseño del Giesserei Institut de Aachen.

En las figuras 2 a 6 se representan los resultados obtenidos de resistencia a la compresión, permeabilidad AFS, densidad del

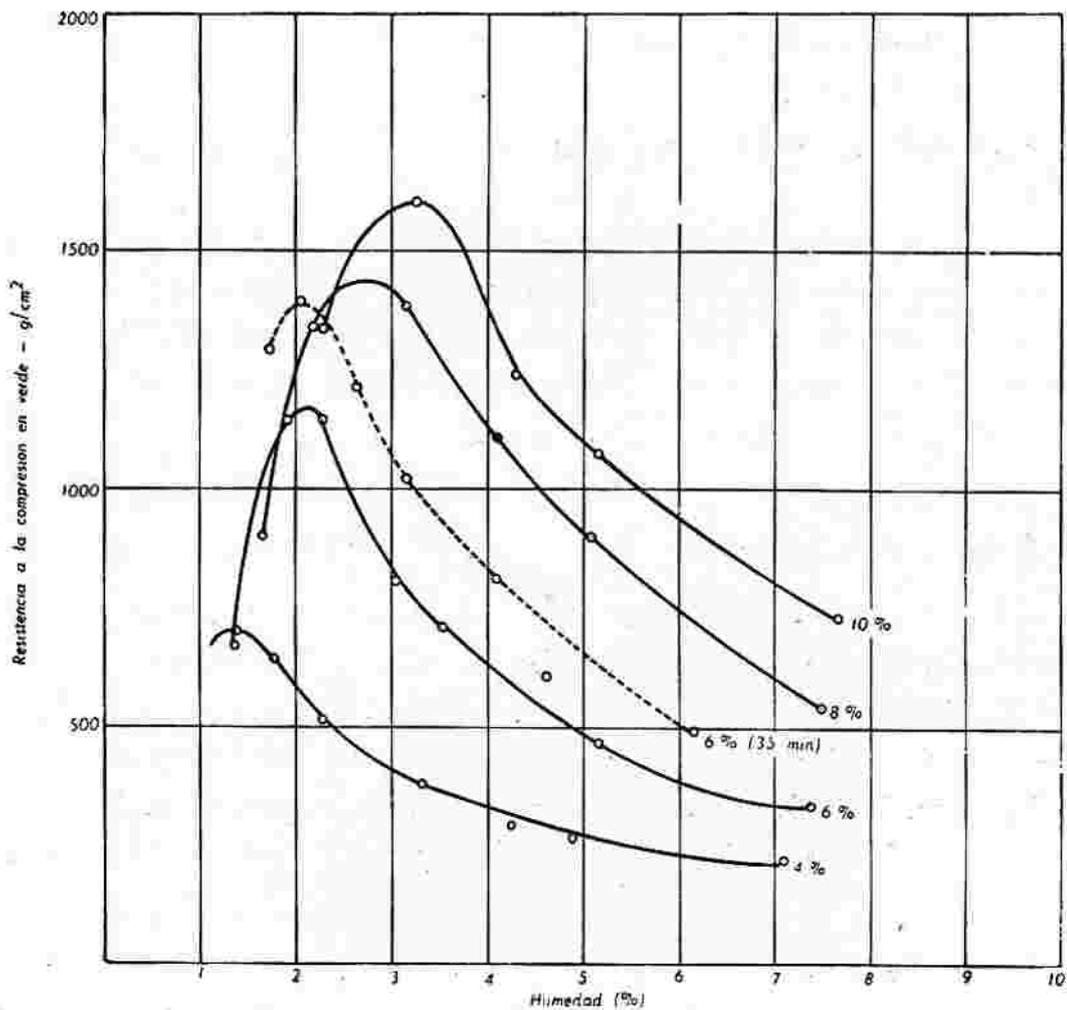


Fig. 2. — Curvas de variación con la humedad de la resistencia a la compresión en verde de mezclas de arena con distintos porcentajes de bentonita de Bañado de Medina.

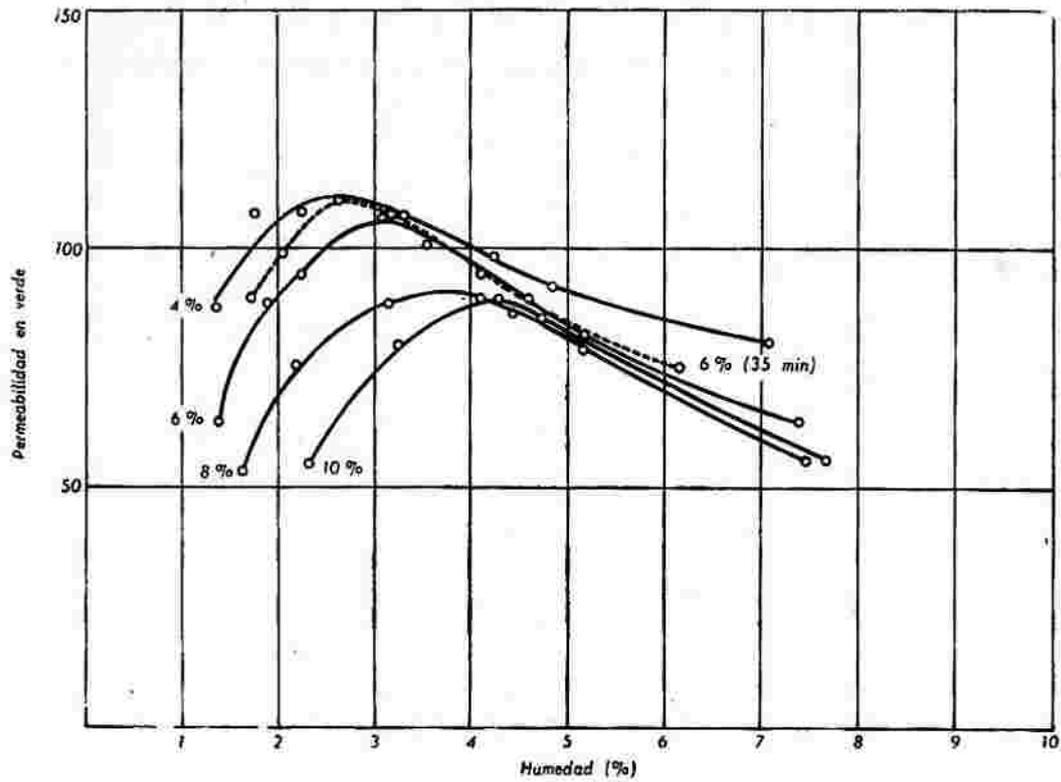


Fig. 3. — Curvas de variación con la humedad de la permeabilidad AFS en verde de mezclas de arena con distintos porcentajes de bentonita de Bañado de Medina.

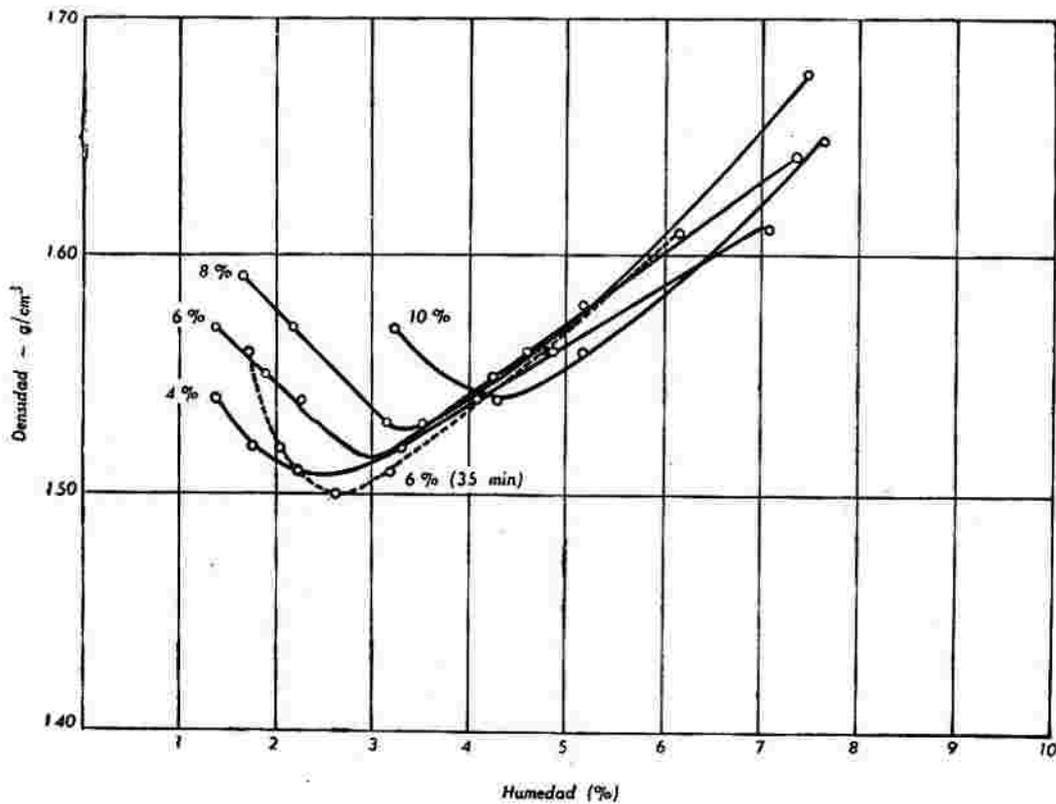


Fig. 4. — Curvas de variación con la humedad de la densidad del cuerpo de prueba de mezclas de arena con distintos porcentajes de bentonita de Bañado de Medina.

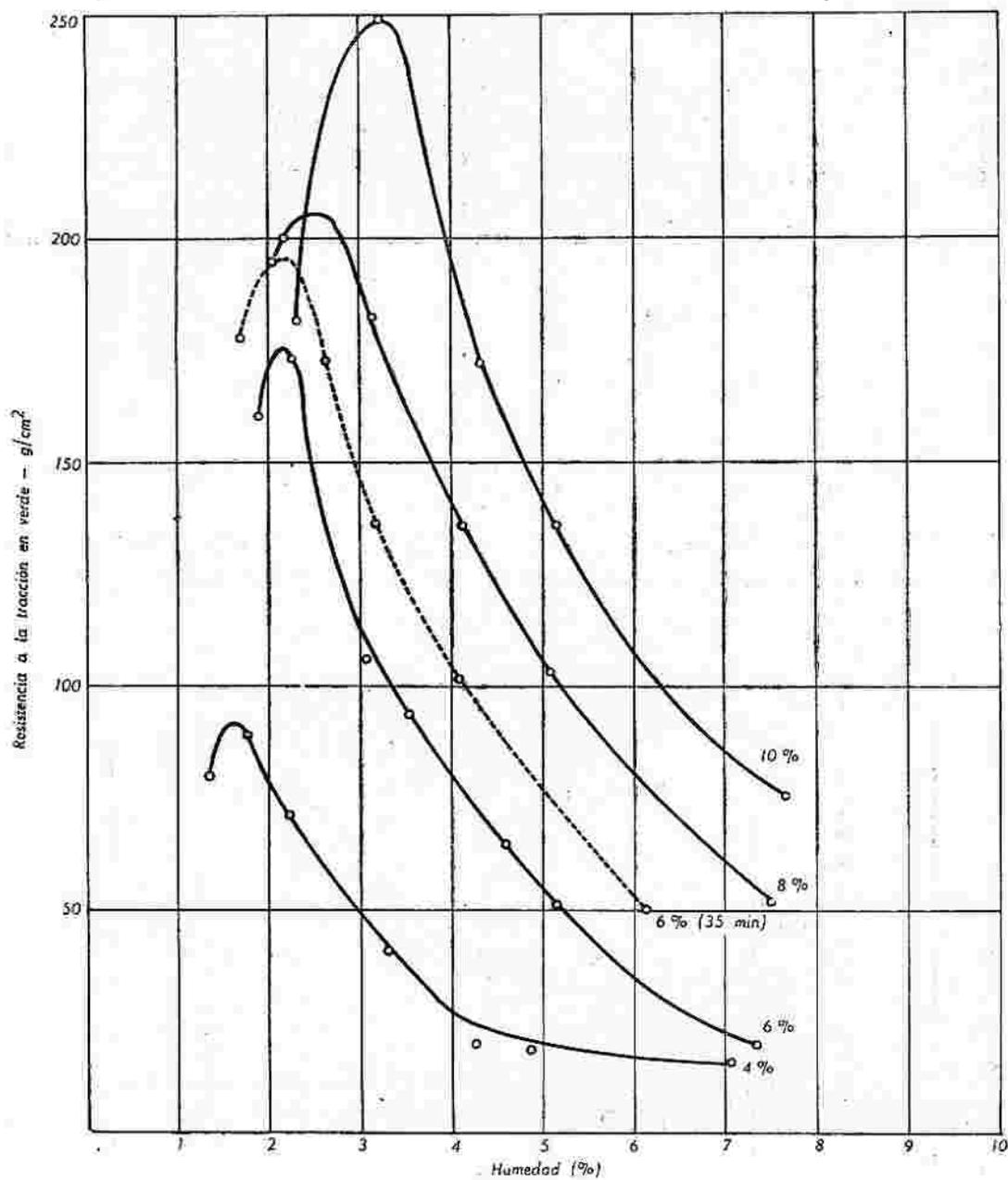


Fig. 5. — Curvas de variación con la humedad de la resistencia a la tracción en verde de mezclas de arena con distintos porcentajes de bentonita de Bañado de Medina.

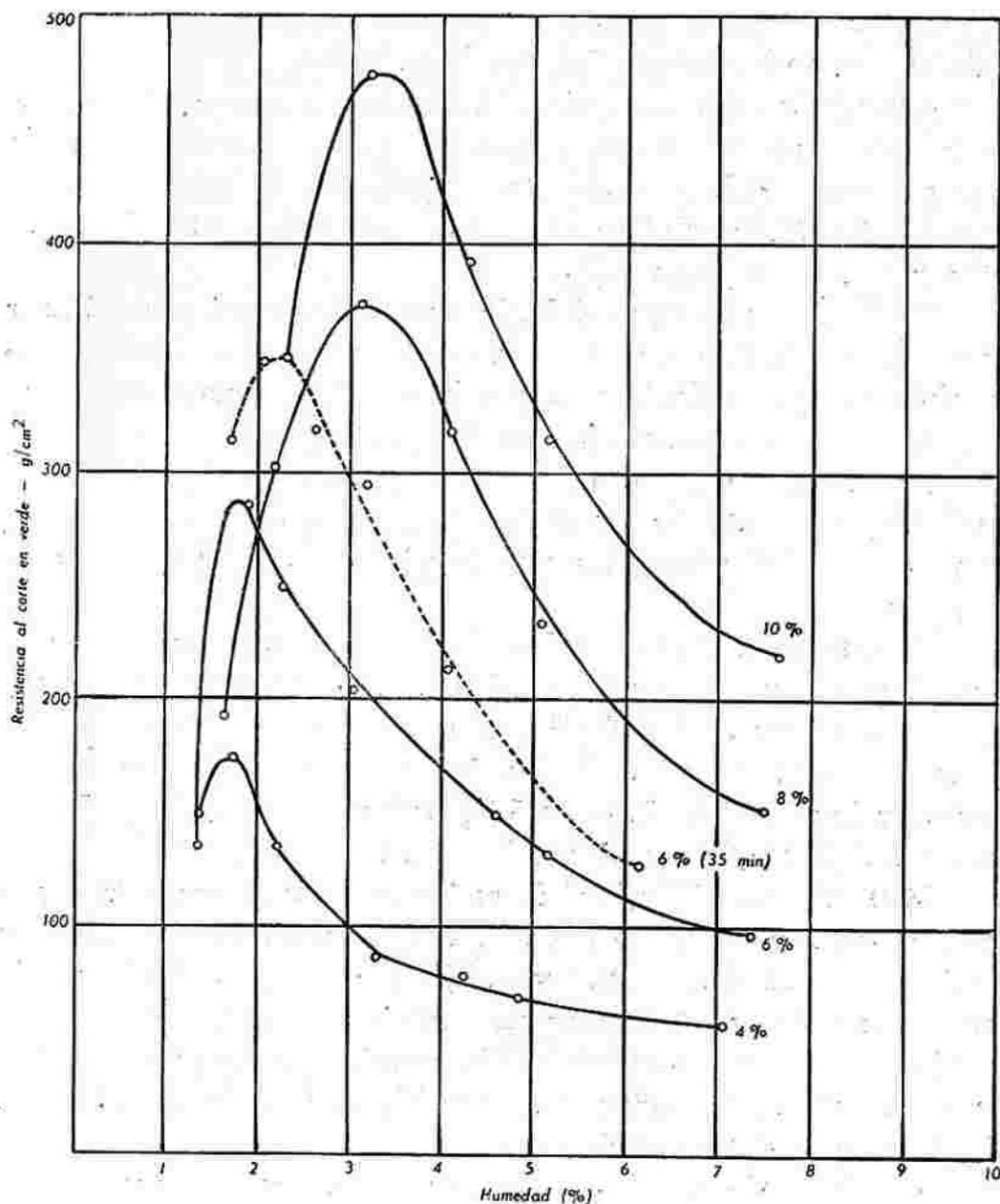


Fig. 6. — Curvas de variación con la humedad de la resistencia al corte en verde de mezclas de arena con distintos porcentajes de bentonita de Bañado de Medina.

cuerpo de prueba, resistencia a la tracción y resistencia al corte en función de la humedad, para una preparación de 5 minutos en el molino. Se agregan en punteado las mismas curvas obtenidas para una mezcla de 6% de bentonita con una preparación de 35

minutos en el mismo molino. Se observa que esa mayor preparación mejora todas las propiedades de la arena.

A partir de los valores obtenidos en los ensayos podemos construir curvas que relacionan resistencia a la compresión en verde con permeabilidad, tomando como parámetro la humedad de la mezcla (fig. 7). Se obtiene una curva para cada contenido de arcilla y tiempo de preparación.

Puede observarse que el hecho que la humedad para obtener la resistencia óptima sea menor que la necesaria para obtener permeabilidad óptima da lugar a que la curva se describa en el sentido horario para humedades crecientes.

Este diagrama permite seleccionar la mezcla a ser empleada, teniendo en cuenta las exigencias de resistencia a la compresión y permeabilidad planteadas por la pieza y el metal que va a fundirse.

En este caso, en que se han hecho las curvas con una arena para ferrosos, puede verse que si queremos resistencia a la compresión mayor que  $1 \text{ kg/cm}^2$  y permeabilidades mayores que 75 podemos emplear mezclas de las siguientes características: 6 % de arcilla y humedad de 1.6 a 2.6 %, 8 % de arcilla y humedad de 2.1 a 4.6 %, 10 % de arcilla y humedad de 3.1 a 5.5 %.

Si se exigieran  $1 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión y permeabilidad mayor que 100, sólo serviría la arena con 6 % de bentonita y humedad entre 2.2 y 2.6 %, zona muy limitada, por lo que en la práctica esta mezcla no serviría. Eso podría solucionarse cambiando los componentes de la mezcla, fundamentalmente la arena de base, pero existe otra variable que puede considerarse el fundidor y es el tiempo de mezcla.

En efecto observando la curva punteada que da los valores de resistencia y permeabilidad para las mezclas con 6 % de bentonita preparadas durante 35 minutos, se ve que cuando su humedad varía de 2.1 a 3.2 % se obtienen valores de resistencia y permeabilidad por encima de los exigidos.

Para decidir las condiciones de empleo de las mezclas es importante el conocimiento de la resistencia a la tracción en verde de las mismas. Es sabido que en general una tierra con la humedad correspondiente al máximo de resistencia a la compresión resulta demasiado seca y no está en las mejores condiciones para

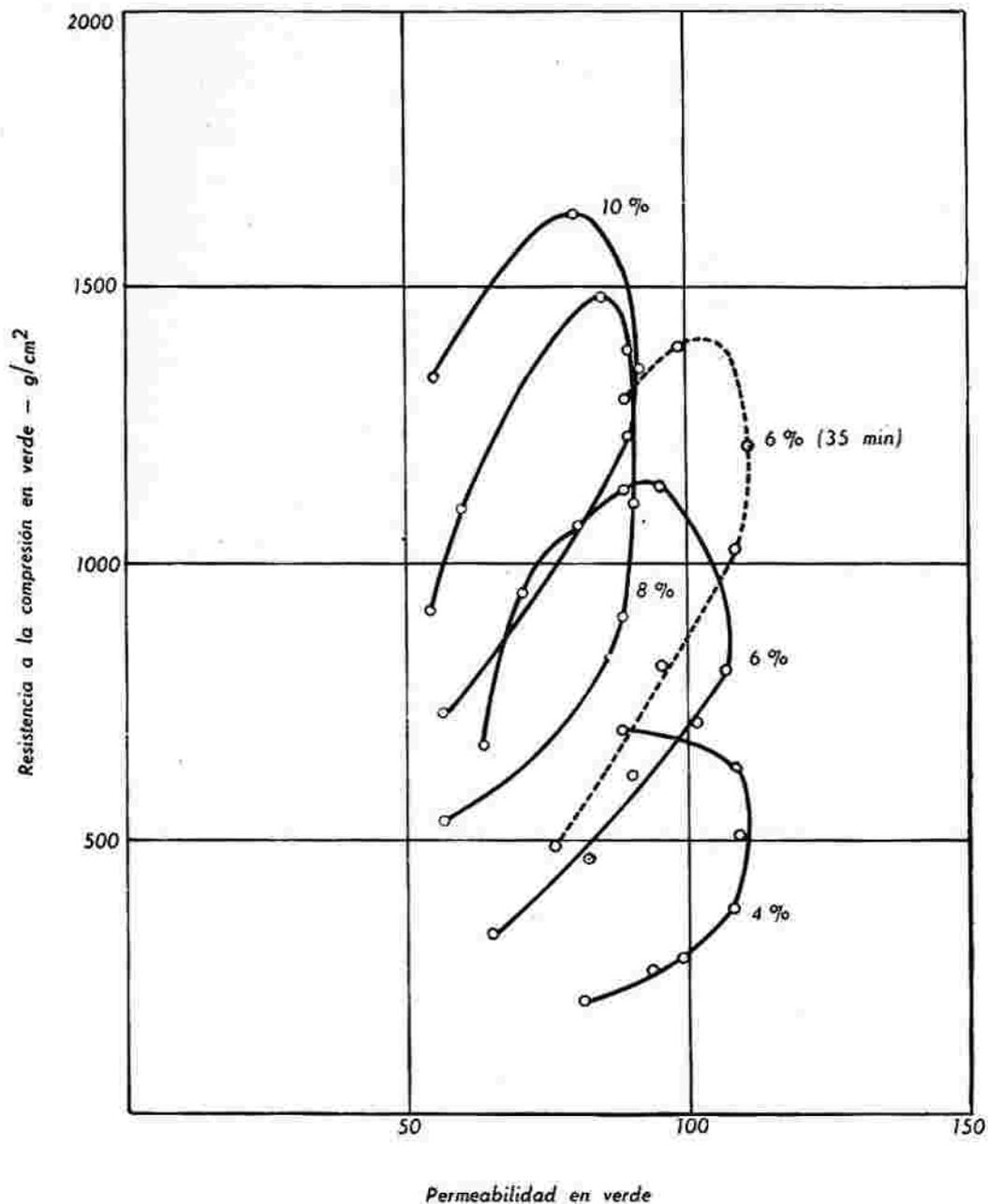


Fig. 7. — Variación de permeabilidad y resistencia a la compresión en verde para mezclas de arena con distintos porcentajes de bentonita de Bañado de Medina.

moldear. Las condiciones de trabajo óptima para mezclas compuestas exclusivamente de arena y arcilla se obtienen para la humedad que da la máxima resistencia a la tracción en verde, denominada humedad óptima (temper water).

Las curvas de resistencia a la tracción en verde obtenidas presentan sus máximos para valores mayores de humedad que las de resistencia a la compresión, e inferiores a las que dan máxima permeabilidad (fig. 8).

Es recomendable preparar la arena con una humedad igual a la óptima, de manera que se obtenga una buena trabajabilidad y además el secado inevitable de la arena durante su manipuleo aumente su resistencia a la compresión.

En condiciones de secado muy desfavorables, incluso puede convenir la preparación de la arena con humedad ligeramente superior a la óptima.

Debido a la gran dispersión que dan los métodos empleados hasta el momento para determinar la resistencia a la tracción en verde, no se ha tomado ese valor como índice práctico de la calidad de una tierra de moldeo, y no encuentran en la bibliografía corriente especificaciones sobre el mismo. Sin embargo, hay métodos que permiten medir con precisión la resistencia a la tracción y estudios recientes prueban que la resistencia a la tracción en verde puede tomarse con mayor seguridad que la resistencia a la compresión como determinante de la tendencia a la formación de defectos en las piezas debido a la arena (6).

En la fig. 8 también se representan los valores óptimos de permeabilidad y resistencia y las humedades que dan densidad mínima para cada contenido de arcilla de la mezcla.

Se observa que la resistencia óptima es creciente y la permeabilidad óptima es decreciente con el contenido de bentonita de la mezcla. Por otra parte, la humedad que da densidad mínima de la probeta prácticamente coincide con la de permeabilidad óptima.

### CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de los distintos ensayos efectuados con la bentonita de Bañado de Medina y la arena voladora de Carrasco, podemos concluir lo siguiente:

- 1º) Dosificando convenientemente las mezclas sintéticas preparadas con la bentonita estudiada, lo que puede hacerse con la ayuda de la gráfica de la fig. 7, es posible obtener propiedades adecuadas para su empleo como material de moldeo

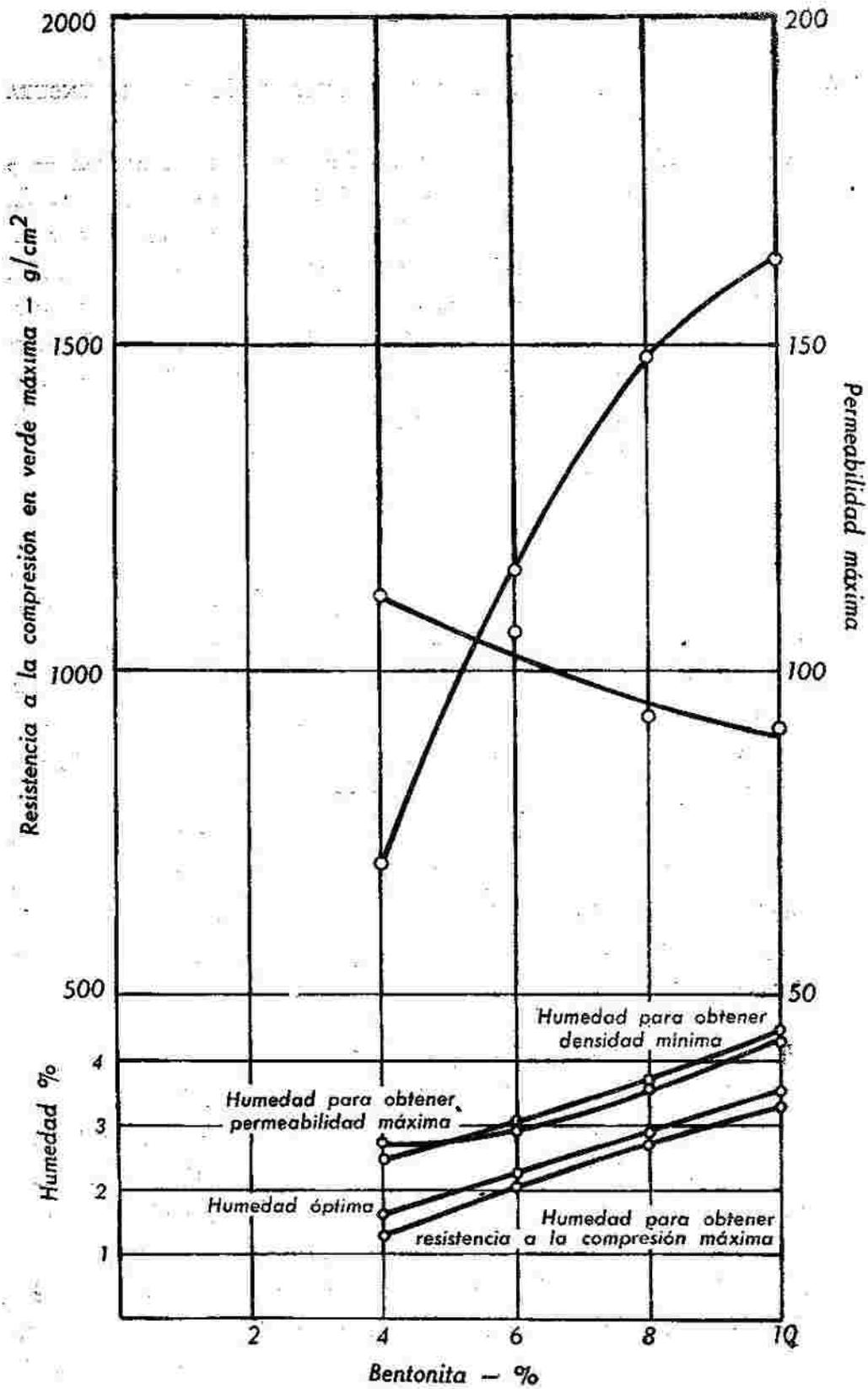


Fig. 8. — Valores máximos de resistencia a la compresión y permeabilidad en verde y humedades a las que se obtienen, humedades óptimas y de mínima densidad para mezclas de arena con distintos porcentajes de bentonita de Bañado de Medina.

en la fundición. Dichas propiedades resultan comparables e incluso superiores a las que se obtienen con bentonitas de diversa procedencia, de acuerdo a los datos que se disponen. Para llegar a una conclusión más categórica en este sentido, lógicamente deberán esperarse los resultados que se obtengan con este aglomerante en la práctica. En este sentido cabe aún una posibilidad no contemplada en este trabajo, la activación de la bentonita, para mejorar el comportamiento de la arena en el molde.

- 2º) Aumentando el tiempo de preparación de la mezcla por encima de los valores corrientemente empleados es posible mejorar sensiblemente las propiedades de la mezcla. Esto permite disminuir la cantidad de aglomerante obteniendo la misma resistencia y aumentando la permeabilidad, aumentar la resistencia agregando aglomerante sin bajar la permeabilidad o incrementar notablemente ambas propiedades sin necesidad de modificar la composición.

Esta última ventaja es deseable sobre todo si las exigencias de piezas inusualmente producidas en la fundición obligan a mejorar la calidad de la arena, no resultando económico ir a un cambio de la materia prima y sí aumentar el tiempo de preparación.

- 3º) Las reservas disponibles en el yacimiento de la bentonita estudiada se han estimado en 20.000 toneladas, lo que es ampliamente suficiente para cubrir las necesidades de la industria de la fundición en nuestro país por largo tiempo, incluso previendo el aumento del consumo que la deseable y necesaria tecnificación de la industria debe traer aparejado en los próximos años. Esa circunstancia, unida a las propiedades tecnológicas que es posible obtener, determinan que este material pueda ser usado con ventaja en la técnica del molde, prescindiendo de materiales extranjeros que hasta el momento se venían empleando, existiendo incluso la posibilidad de exportarlo.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) *J. Bossi* — Montmorillonita Nacional. Revista de la A.E.Q. 1960.
- (2) *R. Suárez* — Importancia del método dilatométrico en el estudio y caracterización de los materiales arcillosos utilizados en la industria cerámica. Boletín de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura de Montevideo. Vol. VIII, Nº 12, Dic. 1964.
- (3) *F. Neumann & H. G. Trum.* — Higher Educational Course. Foundry molding materials, their properties and testing. Aachen, 1964.
- (4) *W. Patterson & D. Boenisch.* — Die Bedeutung der Festigkeit feuchter, tongebundener Formsande, insbesondere der Nassfestigkeit. Giesserei, Julio 1961.
- (5) *W. Davies* — Foundry Sand Control, testing research and development. The Unit Steel Companies Ltd. 1950.
- (6) *D. Boenisch* — A new method of measuring sand properties in the mould. Presented et the seminar of Aachen Foundry Familie on 2.3.1962.