

AGLOMERANTE DE ANHIDRITA

Roberto HEILBRAUM*

Jorge ARRIBADA**

Josefina VILARO***

RESUMEN

Se señalan las características y mecanismos físico-químicos que regulan las propiedades del aglomerante de anhidrita como elemento de construcción. Se da a conocer la existencia e importancia de su aplicación, en la zona norte de Chile.

Se estudia la influencia que tiene la calidad química, finura, razón agua/anhidrita y distintos activadores sobre el fraguado, resistencias mecánicas y expansión del aglomerante.

INTRODUCCION

Las diversas prospecciones geológicas y reconocimientos de yacimientos no metálicos, realizados en la provincia de Tarapacá y Antofagasta^{1,2} han puesto en evidencia la existencia de importantes yacimientos de anhidrita (sulfato de calcio anhidro). Este mineral por sus propiedades aglomerantes es utilizado en otros países como material de construcción.

La incorporación de este material en la solución de problemas habitacionales resulta altamente significativo por sus procesos económicos de elaboración, en relación a otros aglomerantes actualmente en uso. Cabe mencionar que en nuestro país se han realizado algunas experiencias con anhidrita tanto en Antofagasta como en Arica con resultados poco satisfactorios debido a la falta de rigurosidad y conocimiento en su empleo.

El objeto de este trabajo es dar a conocer las características aglomerantes del material en estudio, los mecanismos físico-químico que regulan sus propiedades,

*Investigador, IDIEM.

**Ingeniero de ejecución, Químico, IDIEM.

***Licenciado en Química, IDIEM.

factibilidad de uso en base a resultados experimentales, y consideraciones acerca de futuras investigaciones derivadas de este estudio.

GENERALIDADES

El sulfato de calcio, CaSO_4 , se presenta en distintas formas cristalinas dependiendo del grado de hidratación:

- a) sulfato de calcio dihidrato $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso)
- b) sulfato de calcio parcialmente hidratado $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
- c) sulfato de calcio anhidro CaSO_4 (anhidrita)

Actualmente se conocen tres modificaciones polimórficas de la anhidrita, que algunos investigadores³ denominan como α , β y γ .

La variedad α , llamada también de alta temperatura, es estable a temperaturas superiores a 1.200°C . Su transformación se produce entre los 1.000°C y 1.450°C . Su forma cristalina es monoclinica.

La anhidrita γ llamada variedad soluble, cristaliza en el sistema monoclinico con estructura muy semejante a la variedad hemidrato (concordancia entre los diagramas de Rayos-X).

La anhidrita natural o insoluble variedad β (que en realidad es parcialmente soluble) se presenta al estado natural en cristales ortorrómbicos. La red ortorrómbica, en realidad casi tetragonal, es isomórfica y está formada por iones Ca^{+2} y $(\text{SO}_4)^{-2}$ y las dimensiones más probables de la red son:

$$\begin{aligned} a &= 6,21 \text{ \AA} \\ b &= 6,95 \text{ \AA} \\ c &= 6,96 \text{ \AA} \end{aligned}$$

En los iones $(\text{SO}_4)^{-2}$, el azufre, S, está rodeado cuatro veces en forma tetraédrica por el oxígeno O y por tanto están fuertemente enlazados a él. Estos tetraedros estables de SO_4 representan grupos elementales que se presentan en todas las clases de cristales del sistema $\text{Ca} \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{SO}_4$, los que se extienden paralelos a los ejes X, Y, Z.

Independiente de su origen, los diversos tipos de anhidrita se hidratan con formación de yeso según la reacción.

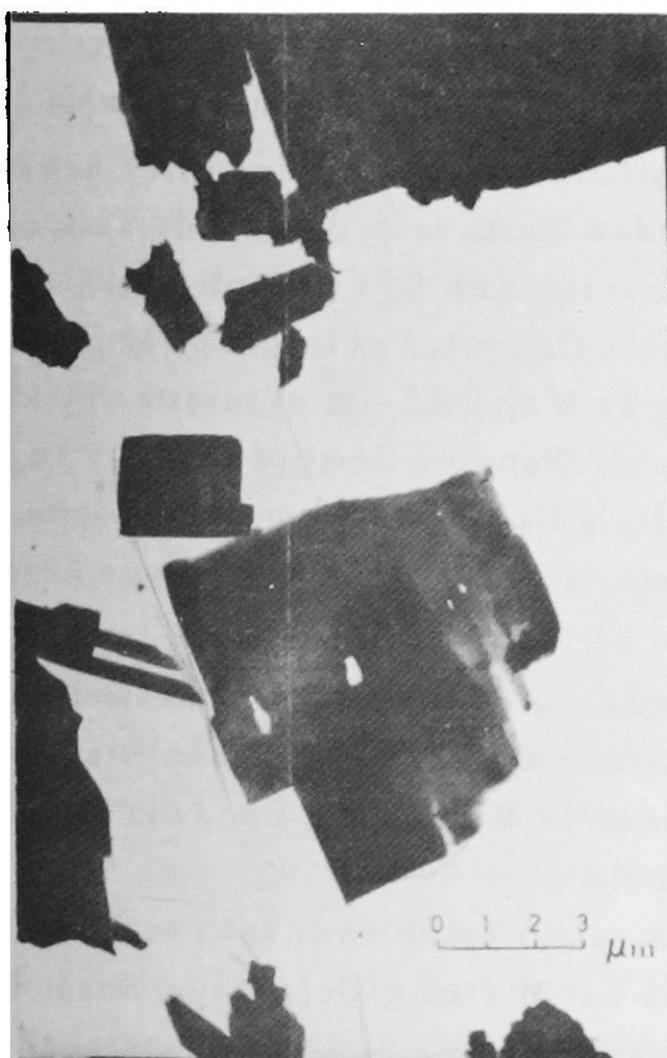


A pesar de la relativa simplicidad del sistema ternario $\text{CaO} - \text{SO}_3 - \text{H}_2\text{O}$, ha dado lugar a numerosos estudios⁴ por cuanto el proceso físico-químico de la transformación de la anhidrita es un problema muy discutido y todavía no puede considerarse como completamente resuelto.

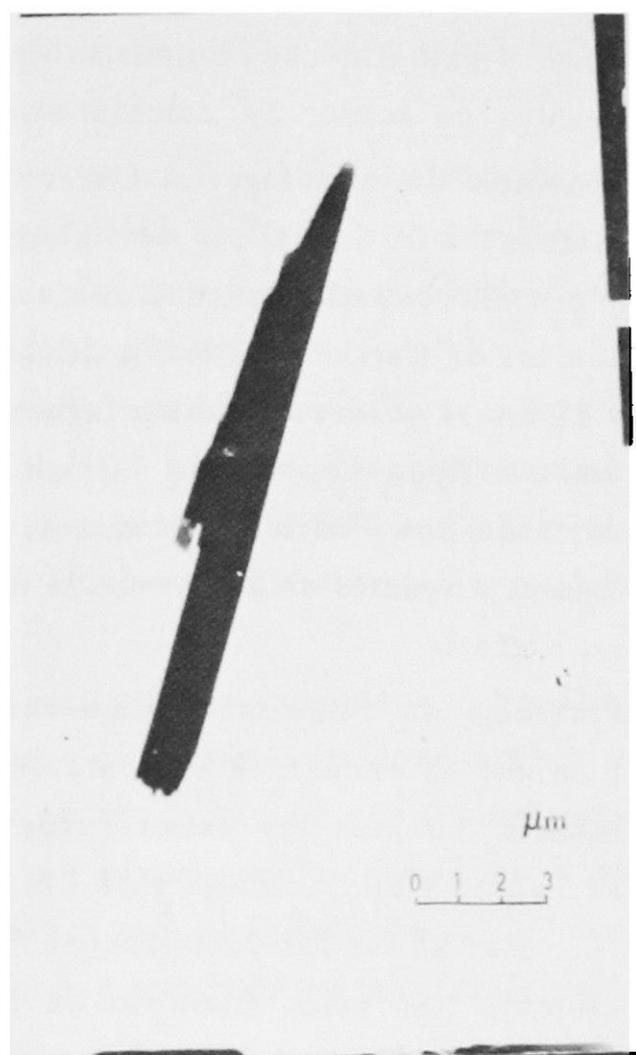
Existen fundamentalmente dos teorías que son las más aceptadas.

La primera teoría⁵ plantea, que en este proceso, la anhidrita se disuelve hasta la saturación (2,98 g de CaSO_4 por litro a 20°C) dando una solución

sobresaturada de dihidrato que es estable a la temperatura ordinaria y por consiguiente precipita. Su cristalización comienza en la solución, ya sea espontáneamente o a partir de núcleos de bihidratos preexistentes en la anhidrita. Una nueva cantidad de anhidrita puede luego disolverse, continuando el proceso siempre que haya agua suficiente para la hidratación y recristalización en forma de yeso. El mecanismo se repite hasta que se transforma la totalidad de la sustancia inicial. Estos fenómenos ocurrirán simultáneamente. Los cristales de yeso se desarrollan en diferentes puntos dando lugar a agrupaciones de tipo radial de cristales aciculares de yeso. La unión de estos cristales forman una especie de malla, siendo uno de los factores que influyen en la resistencia de la pasta después de su hidratación. En las Figs. 1 a y b se puede apreciar la forma de la anhidrita natural y de la anhidrita hidratada.



a) Sin hidratar



b) Hidratada

Fig. 1. Cristales de anhidrita vistos al microscopio electrónico.

Según la segunda teoría⁶, la hidratación sería un proceso coloidal donde la anhidrita en contacto con el agua forma un gel intermedio a partir del cual se forman los cristales aciculares de yeso.

Hasta la fecha, la primera teoría expuesta es la más aceptada ya que recientemente ha sido demostrado la escasa probabilidad de formación de geles en un instante cualquiera de la hidratación.

EXISTENCIA EN CHILE DE ANHIDRITA

En general se encuentra en Chile yacimientos en forma de mantos y costras; pero en las salitreras existen en forma de estratos. Los más importantes están ubicados en el extremo norte del país. Hacia el Sur aumentan los yacimientos de yeso, debido a la humedad^{1,2}.

Los depósitos conocidos de más importancia se describen a continuación: **Provincia de Tarapacá. Departamento de Pisagua.** Se conocen varios yacimientos de sulfato de calcio formando mantos de gran extensión, cuyos espesores fluctúan entre 1 y 5 metros y donde existe un fuerte predominio de anhídrita. Entre ellos se encuentra el yacimiento de Quebrada de Camarones.

Salar de Llamara. Calichera del Diablo. Se encuentra en forma de polvo blanco algo terroso con venas de cloruro de sodio y trozos duros de sulfato de calcio o yeso, y bajo una capa de costra de una mezcla de arena, piedra, sulfato de calcio y cloruro de sodio. Se calcula una existencia de 300.000.000 m³ de anhídrita.

Provincia de Antofagasta. Caracoles. Cabe señalar que estos depósitos que comienzan a 60 km al sur de Calama, se extienden hasta la provincia de Tarapacá, y por ello constituyen una inmensa fuerza de reserva en Chile. Otros yacimientos son los de Cerritos Bayos, a 30 km al sureste de Calama. Península de Mejillones, a 35 km al noroeste de Antofagasta. Quebrada de Way a 15 km al sureste de Antofagasta. Agua Leoncito a 10 km al noroeste de Papaso. Cerro de Sal a 5 km al oeste de San Pedro de Atacama. Cordillera de la Costa a 20 km de Tocopilla; y Salares dispersos en la provincia de Antofagasta, a 28 km de la estación de Augusta, Victoria.

Provincia de Coquimbo. Comuna de la Serena. Al noroeste de la estación de Lambert se encuentra este material que contiene un 98,8% de anhídrita pulverulenta. Además hay yacimientos en la Comuna de Vicuña a 2 km de la Estación de Tambo y en Quilitalpi a 30 km de Combarbalá.

Más al sur los yacimientos de sulfato de calcio están formados casi exclusivamente por yeso. Ejemplo de ello tenemos en el Cajón del Maipo donde los análisis han dado un 96% de yeso y un 2,6% de anhídrita.

La prospección no se ha generalizado y sería de interés conocer exactamente cuáles son las posibilidades reales de tal material.

C O S T O S

La fabricación del aglomerante de anhídrita consta de las siguientes etapas:

1. Extracción de la anhídrita
2. Trituración
3. Desecamiento

4. Molienda

5. Homogenización y mezcla

Estudios de costos comparativos⁷ que contemplan las diferentes etapas de fabricación del aglomerante de anhidrita llegan a establecer costos cercanos a 1/3 del valor del cemento.

PROPIEDADES MECANICAS

El proceso de fraguado y endurecimiento de la anhidrita se diferencia esencialmente del cemento Portland por la solubilidad de sus componentes. En la anhidrita los componentes son solubles en agua, y por lo tanto, su uso se limita a zonas de clima seco o poco lluvioso. No es aglomerante hidráulico.

Las propiedades mecánicas de este aglomerante dependen de muchos factores, entre los cuales destacamos los más importantes.

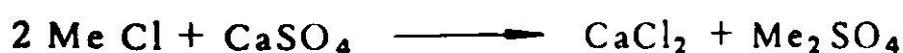
Calidad química. La anhidrita rara vez se encuentra en la naturaleza libre de impurezas, y por eso es necesario conocer su composición química y mineralógica. Pequeñas diferencias en los porcentajes de inclusiones minerales presentan una apreciable variación en las resistencias mecánicas obtenidas.

El contenido de sulfato de calcio bihidratado, tiene gran influencia tecnológica sobre la calidad de la anhidrita, ya que no posee propiedades aglomerantes. Representa una carga inerte que disminuye el valor de la anhidrita para la fabricación de un aglomerante. Por otra parte, el estar finamente dividido influye sobre las resistencias mecánicas en forma negativa.

Los carbonatos, $(\text{CO}_2)^{-2}$, al igual que el yeso, pueden considerarse materiales de relleno inerte. Los carbonatos son prácticamente combinaciones insolubles en agua que generalmente no toman parte activa en el proceso de endurecimiento.

Sin embargo, el contenido de carbonato, en presencia de activadores y en grandes cantidades (sobre 5%)⁷, puede reaccionar con el sulfato de calcio, desprendiendo dióxido de carbono, CO_2 que al quedar atrapado en la masa de anhidrita forma un material poroso (anhidrita celular).

Las impurezas de minerales salinos solubles en agua producen efectos desventajosos para el endurecimiento. Estos minerales son comúnmente cloruros de sodio, potasio o magnesio. Su influencia se debe a que sufren transformaciones químicas con el sulfato de calcio según la ecuación:



El cloruro de calcio, CaCl_2 , formado perturba la solidificación por sus propiedades hidrófilas, esto a su vez disminuye notoriamente la transformación anhidrita-yeso. Cantidades de cloruros superiores al 2%³ deben considerarse dañinas.

Agua de amasado. La segregación de yeso del aglomerante de anhidrita, siendo

las partículas de tamaño menor que 20μ , tiene una energía específica relativamente muy grande. Esta energía superficial está en forma de campos magnéticos de fuerza, los que activan grandes fuerzas de cohesión y/o adhesión de los cuales resulta la resistencia del aglomerante.

Si la anhidrita es tratada con exceso de agua la solidificación se retarda porque los campos de fuerza se encuentran demasiado distantes entre sí.

Por otra parte se sabe por experiencias que precisamente en el aglomerante de anhidrita, la baja de la resistencia por dilución es bastante considerable. De ahí la gran influencia de la relación agua/anhidrita en el aprovechamiento de este material. Cuando el agua es insuficiente se forma una pequeña proporción de partículas finas de yeso que no permiten desarrollar una suficiente cohesión.

Activadores. La velocidad de solución de la anhidrita es bastante lenta, necesita de 3 a 4 veces más tiempo que el yeso para alcanzar el equilibrio de solución. La función del activador es aumentar la velocidad de disolución, acelerando la transformación anhidrita/yeso. Los activadores se consideran como aceleradores de fraguado. Los de mayor uso son los sulfatos, cloruros, nitratos, yoduros y bromuros alcalinos, cloruros de aluminio, bicromato sódico, silicato de sodio, como también tartratos y oxalatos en concentraciones más altas.

Tamaño de las partículas. De acuerdo a las relaciones entre el tamaño de partículas, solubilidad y formación de yeso en la anhidrita, se deduciría que la resistencia mecánica aumenta mientras mayor sea la finura. Sin embargo, con el empleo de activadores eficientes la influencia de la finura puede invertirse, dando resistencias más bajas para moliendas muy finas. Esto puede explicarse por la mayor transformación de anhidrita en yeso. Según algunos investigadores³, durante el endurecimiento todas las partículas inferiores a 20μ se transforman en bihidrato cuando la anhidrita es tratada con activadores.

ESTUDIO EXPERIMENTAL

En este trabajo se estudiaron las propiedades de tres clases de anhidritas provenientes de yacimientos nacionales. Fueron éstas una anhidrita del yacimiento Punta Turqueza, que se encuentra ubicado a 90 km de Antofagasta, por el camino a Tocopilla, designada como A_1 ; una anhidrita proveniente de la Quebrada de Camarones, 100 km al sur de Arica, de mantos superficiales, que se designó como A_2 ; y una anhidrita de Quebrada de Camarones de mantos más profundos (1 metro aproximadamente), designada como A_3 .

Consistencia y tiempo de fraguado

Para la determinación de la consistencia normal y tiempo de fraguado se utilizaron las normas chilenas sobre cementos^{8,9}. Las probetas se curaron a temperatura ambiente. Se analizó la influencia del tamaño de las partículas sobre el fraguado, para distintos catalizadores.

El tamaño de las partículas estuvo caracterizado por superficies específicas Blaine de 3300, 5500 y 6500 cm^2/g . En conjunción con esos tamaños se usaron tres catalizadores diferentes que fueron los siguientes: una mezcla de 1% de sulfato de zinc con 1,2% de sulfato de potasio; cemento portland en proporción de 3%, y alumbre potásico en proporción de 0,5%. Todos los porcentajes están expresados en relación al peso de la anhidrita. Se operó con las muestras A_1 y A_3 .

Se estudió además las necesidades de agua de la anhidrita para distintas finuras, al variar la consistencia.

En este caso se utilizaron moliendas de 4900, 5500 y 6400 cm^2/g Blaine en conjunción con alumbre potásico en cantidad de 0,5% como catalizador y sólo se utilizó la anhidrita A_3 .

Ensayo de expansión

Se utilizaron las normas chilenas sobre cementos¹⁰. Las probetas quedaron almacenadas a temperatura ambiente y no se utilizó autoclave.

Se analizaron los cambios de longitud que experimentan las probetas de anhidrita a través del tiempo. Se hicieron estas determinaciones con anhidrita A_3 .

Los activadores y las cantidades empleadas en este ensayo se indican en la Tabla I.

TABLA I
ACTIVADORES EMPLEADOS EN EL ENSAYO DE EXPANSION

| Activador | Cantidad | | |
|--------------------|--------------------------|----------|----------|
| | (% en peso de anhidrita) | | |
| Cemento Portland | 1,0 | 2,0 | 3,0 |
| Sulfato de Zn + | 0,8 + | 1,0 + | 1,2 + |
| Sulfato de K | 1,0 | 1,2 | 1,4 |

Ensayos de resistencias mecánicas

Para estas pruebas se utilizó las normas INDITECNOR¹¹ para ensayos de cementos, con las siguientes modificaciones:

- i) Se empleó sólo pasta con activadores en lugar de mortero.
- ii) Las probetas se curaron al aire ambiente y no en cámara húmeda.

Los ensayos de flexión y compresión se efectuaron a la edad de 7 y 28 días, y representan el promedio de tres ensayos. Se usó anhidrita A_2 y A_3 con distintos activadores y en proporciones que se indican en la Tabla II.

TABLA II
ACTIVADORES EMPLEADOS EN ENSAYOS MECANICOS

| Activadores | Cantidad (% en peso de anhidrita) | | |
|--|--------------------------------------|-----------|-----------|
| | Cemento Portland | 2,0 | 2,5 |
| ZnSO ₄ + K ₂ SO ₄ | 0,8 + 1,0 | 1,0 + 1,2 | 1,2 + 1,4 |

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas III, IV, V, VI y VII y ellos corresponden respectivamente a análisis químicos de las muestras de anhidrita, tiempo de fraguado, consistencia, expansión y resistencias mecánicas.

TABLA III
COMPOSICION QUIMICA DE LAS MUESTRAS,

| Características | Muestras | | |
|--|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| Humedad | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| Agua combinada | 0,5 | 1,6 | 0,6 |
| Residuo insoluble | 2,1 | 15,9 | 12,8 |
| Oxidos (R ₂ O ₃) | 0,1 | 4,3 | 4,1 |
| Oxido de calcio (CaO) | 30,7 | 29,8 | 32,4 |
| Trióxido de azufre (SO ₃) | 43,9 | 42,5 | 46,1 |
| Cloruros (NaCl) | 22,4 | 1,9 | 1,6 |
| Anhidrita (CaSO ₄) | 73,2 | 66,3 | 76,0 |
| Yeso CaSO ₄ · 2H ₂ O | 2,0 | 7,6 | 2,3 |

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Calidad química

Los resultados negativos obtenidos con anhidrita A₁ (Punta Turqueza-Antofagasta) destacan la influencia de las inclusiones minerales en las propiedades de la anhidrita. En este caso, debido al alto contenido de cloruros las muestras no fraguaron. En algunos países en los cuales el uso de este aglomerante está normalizado¹², los porcentajes de los distintos minerales incluidos en la anhidrita se fijan estrictamente, evitando posibles efectos nocivos.

TABLA IV
TIEMPO DE FRAGUADO, MINUTOS
Anhidrita A₃*

| ACTIVADORES | Superficies Específicas (cm ² /g) | | |
|--|--|-------|-------|
| | 6.500 | 5.500 | 3.300 |
| ZnSO ₄ (1,0 %) + K ₂ SO ₄ (1,2 %) | 118 | 153 | 311 |
| Cemento (3 %) | 338 | 421 | 603 |
| Alumbre (0,5 %) | 426 | 481 | 921 |

*La anhidrita A₁ no fraguó.

TABLA V
PENETRACION AGUJA DE VICAT, mm
Anhidrita A₃

| Razón Agua/anhidrita | Superficie Específica (cm ² /g) | | |
|-------------------------|--|-------|-------|
| | 5.500 | 4.900 | 6.400 |
| 0,270 | 13,0 | — | — |
| 0,280 | 22,0 | 14,0 | 10,0 |
| 0,285 | 29,5 | 23,0 | — |
| 0,287 | 33,0 | — | — |
| 0,290 | 38,5 | 30,5 | 14,0 |
| 0,295 | — | 36,5 | 18,0 |
| 0,300 | — | 40,0 | 21,5 |
| 0,310 | — | — | 32,0 |

TABLA VI
EXPANSION%
Anhidrita A₃

| Activador | Cantidad | EDAD, DIAS | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Cemento | 1 | 0,00 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | -0,01 | -0,05 | -0,10 | -0,12 | -0,13 | -0,14 | -0,15 | -0,15 | -0,15 |
| | 2 | 0,00 | 0,08 | 0,13 | 0,15 | 0,14 | 0,11 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | -0,00 | -0,09 | -0,09 | -0,09 |
| | 3 | 0,00 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | -0,01 |
| Sulfato de Zn + Sulfato de K | 0,8 + 1,0 | 0,00 | 0,18 | 0,22 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | - | - | - |
| | 1,0 + 1,2 | 0,00 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | - | - | - |
| | 1,2 + 1,4 | 0,00 | 0,06 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | - | - | - |

TABLA VII
RESISTENCIAS MECANICAS, kg/cm²

| Muestras | Pruebas | Edad Días | Activadores, % | | | | | |
|----------------|---------------|--------------|------------------|-----|-----|--|------------|------------|
| | | | Cemento Portland | | | ZnSO ₄ + K ₂ SO ₄ | | |
| | | | 2 | 2,5 | 3 | 0,8 1,0 | 0,1 1,2 | 1,2 1,4 |
| A ₃ | Compresión | 7 | 90 | 100 | 101 | 200 | 192 | 240 |
| | | 28 | 181 | 178 | 181 | 261 | 339 | 326 |
| | Flexotracción | 7 | 23 | 25 | 24 | 40 | 42 | 42 |
| | | 28 | 35 | 37 | 41 | 65 | 66 | 74 |
| A ₂ | Compresión | 7 | 68 | 75 | 76 | 136 | 146 | 133 |
| | | 28 | 114 | 122 | 133 | 217 | 195 | 165 |
| | Flexotracción | 7 | 19 | 21 | 21 | 26 | 28 | 25 |
| | | 28 | 30 | 32 | 31 | 44 | 44 | 37 |

Tiempo de fraguado

En Fig. 2 se puede observar que la velocidad de fraguado aumenta con la disminución del tamaño de partículas. Esto se explicaría por la mayor superficie de contacto existente entre la anhidrita y el agua, lo cual activaría el proceso de hidratación. Además los sulfatos (Zn + K) resultaron ser los aceleradores de fraguado más eficientes, en coincidencia con los resultados de otros investigadores³.

Tanto el tamaño de partículas como los aceleradores tienen gran importancia en el uso de este aglomerante, por cuanto permiten regular el tiempo de fraguado.

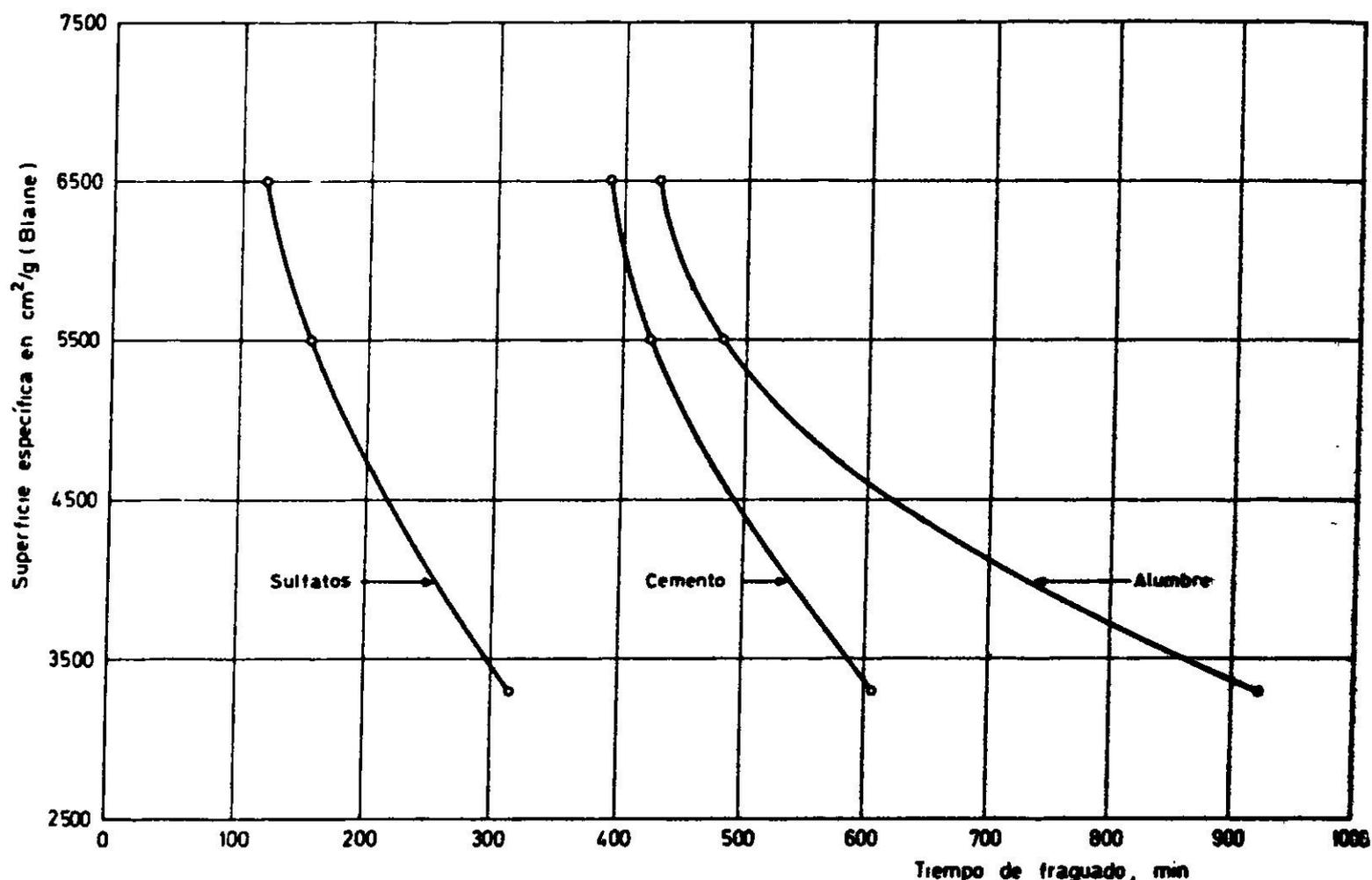


Fig. 2. Tiempo de fraguado en relación al tamaño de las partículas de anhidrita.

Consistencia

La Fig. 3 señala que la granulometría más fina, $6.400 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine, tiene una mayor necesidad de agua, que se podría explicar por una mayor superficie de contacto. Pero, resulta contradictorio la mayor necesidad de agua con finura $4.900 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine con respecto a $5.500 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine. Este hecho podría explicarse debido a una menor trabajabilidad de la pasta de granulación más gruesa, lo cual dificulta el descenso de la sonda.

Diversas experiencias³ han demostrado disminuciones de la resistencia tanto por escasez como por exceso de agua de amasado. Se podría considerar que las resistencias de trabajo están entre 15 mm y 36 mm de penetración. Entre esos valores se tienen pastas trabajables y límites donde la resistencia no se vería afectada por lo anteriormente señalado.

Variaciones de la razón agua/anhidrita mayores que 2% podrían traer disminuciones considerables en las resistencias mecánicas. En la Tabla VIII se ve con qué límites de esta razón se obtienen los valores límites de consistencia de trabajo

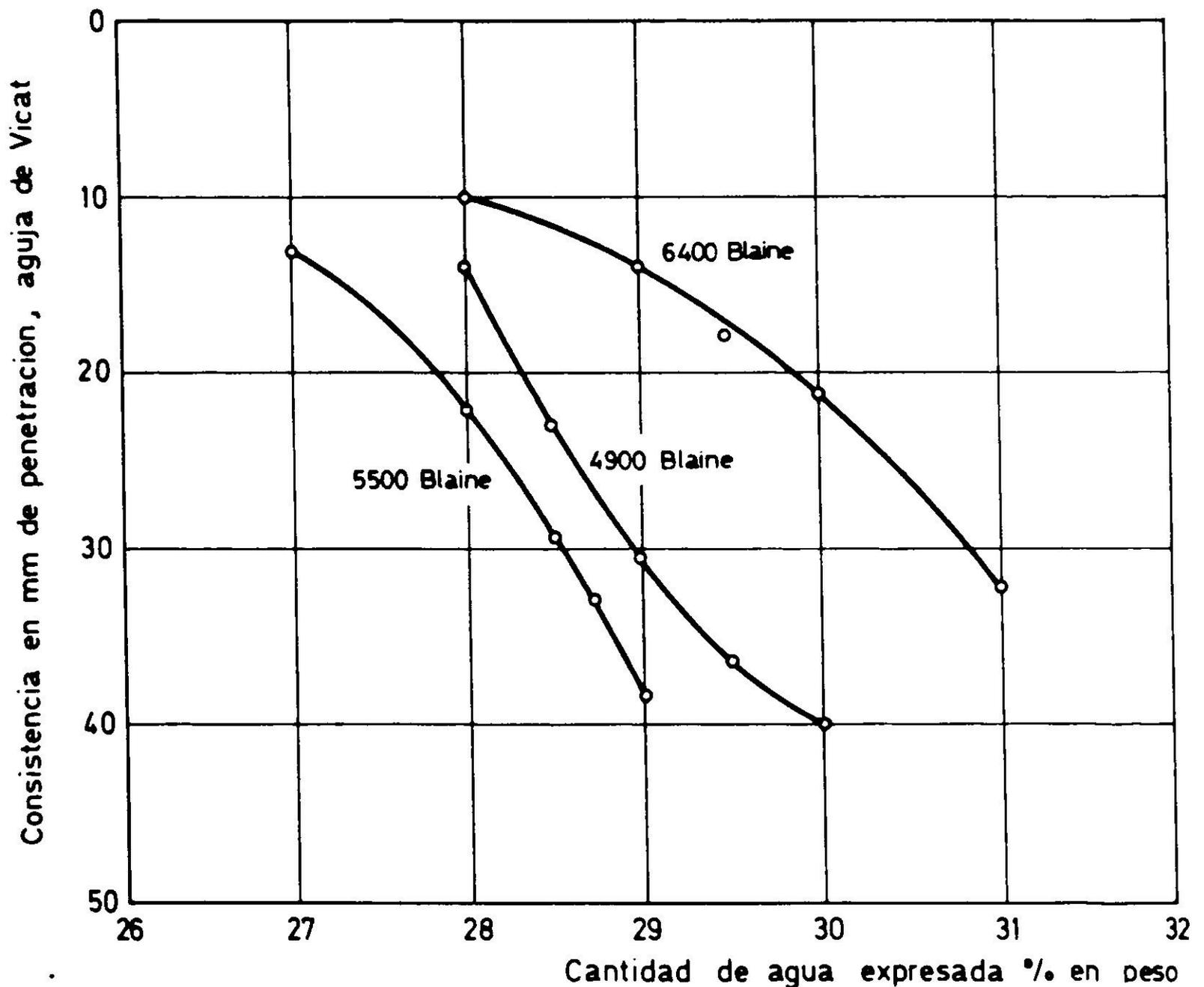


Fig. 3. Consistencia de la pasta de anhidrita en función del agua de amasado.

TABLA VIII

CANTIDAD DE AGUA, % PARA CONSISTENCIA DE TRABAJO

| Finura Blaine cm ² /g | Consistencia 15 mm | Consistencia 36 mm | Diferencia Agua % |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 4,900 | 28,0 | 29,5 | 1,5 |
| 5,500 | 27,2 | 28,8 | 1,6 |
| 6,400 | 29,2 | 31,2 | 2,0 |

y aparece claramente que las diferencias entre los primeros son muy pequeñas. Por tanto es importante el riguroso control del agua de amasado, lo cual, si bien en construcciones en "situ" es difícil de lograr pueden obtenerse en la confección de elementos prefabricados.

Expansión

En la Fig. 4 se observa una expansión inicial (3 a 4 días del desmolde) que se debería al proceso de hidratación y luego una retracción que se atribuye a elimina-

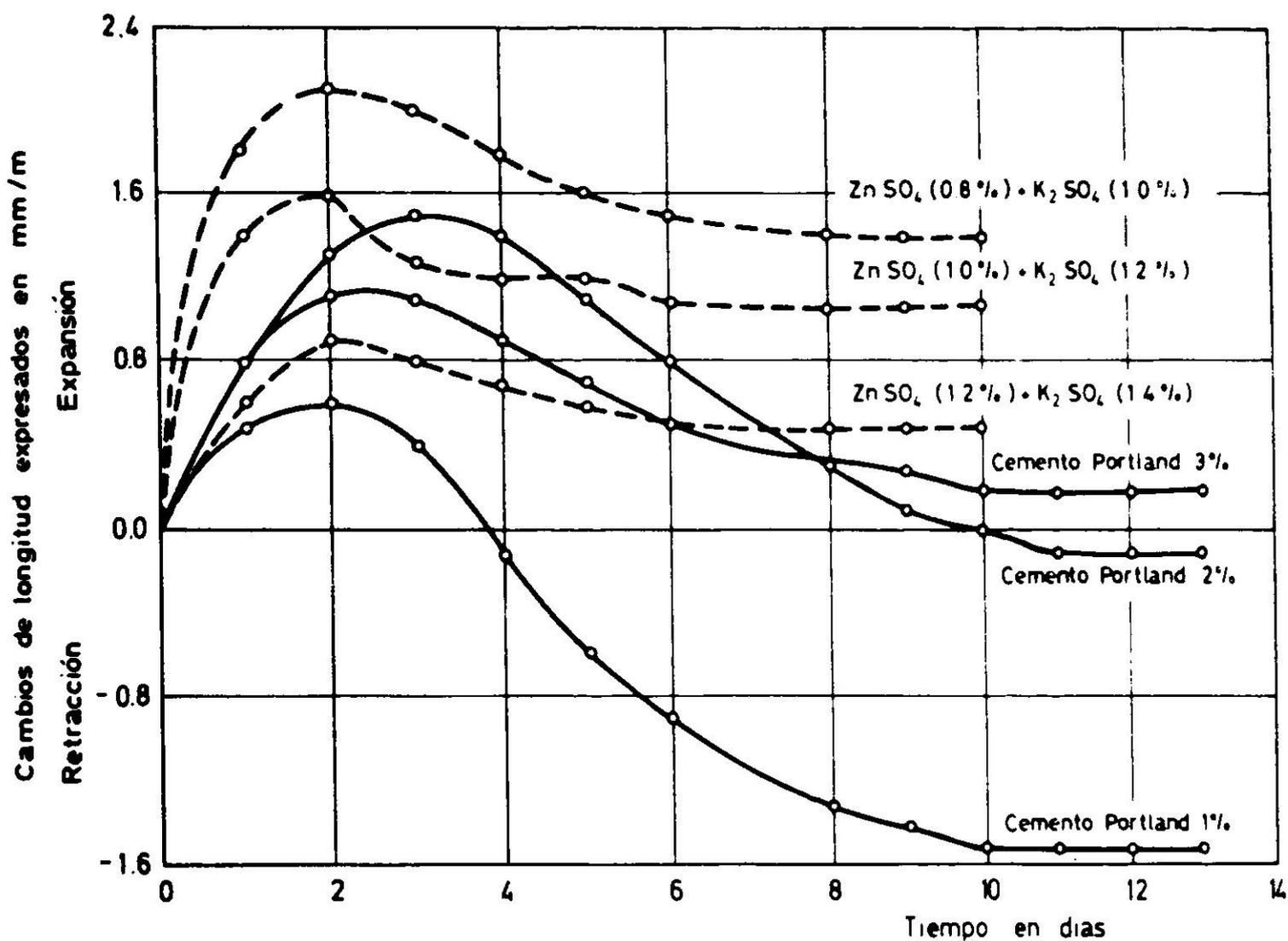


Fig. 4. Variación de longitud de probetas de anhidrita en función del tiempo.

ción del exceso de agua, hasta llegar a una estabilización. Este proceso es más corto para los activadores sulfato Zn y K cuya estabilización se produce a los 8 días, en cambio con activadores de cemento se produce a los 12 días aproximadamente.

La Fig. 5 indica los valores de estabilización con cada activador en sus diferentes proporciones. Los valores de expansión (positivos o negativos) disminuyen con el aumento de la proporción de los activadores. Se aprecia que las variaciones de volumen que sufre este aglomerante son de pequeña magnitud, esto implica gran estabilidad del material y su empleo no se vería restringido por fenómenos de expansión.

Resistencias mecánicas

De las Figs. 6 y 7 resulta que los activadores sulfatos produjeron mayor resistencia que el activador cemento, corroborando así los resultados obtenidos por otros investigadores³.

Las muestras A_2 y A_3 corresponden a partidas distintas de un mismo yacimiento. De las figuras se desprende que la cantidad mas favorable de activador debería establecerse especialmente para cada caso. Como esto es imposible realizarlo en procesos industriales, es importante la selección y homogenización del material. En general, se podría establecer que anhidritas de yacimientos diferen-

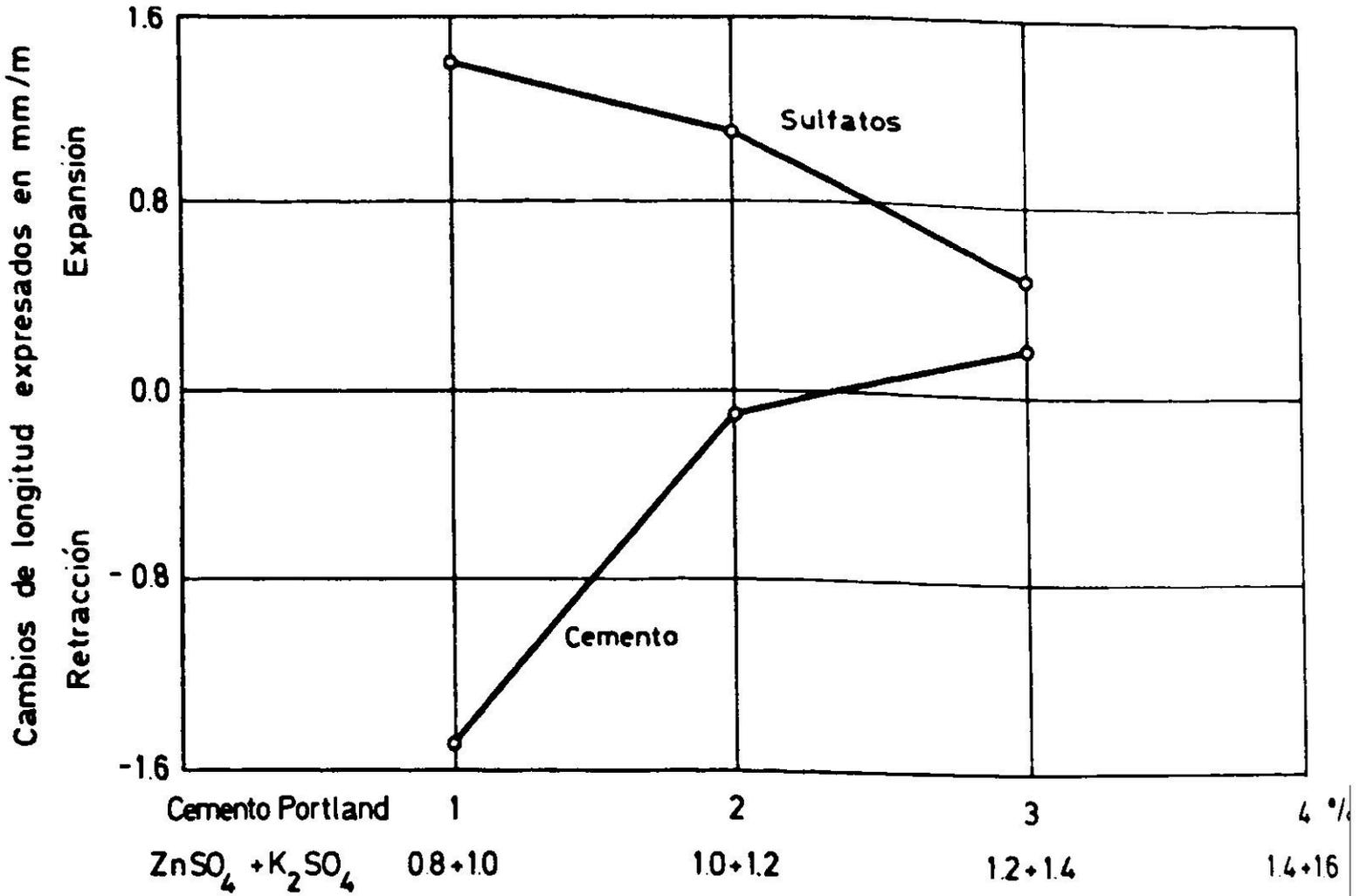


Fig. 5. Influencia de los catalizadores en la variación de longitud.

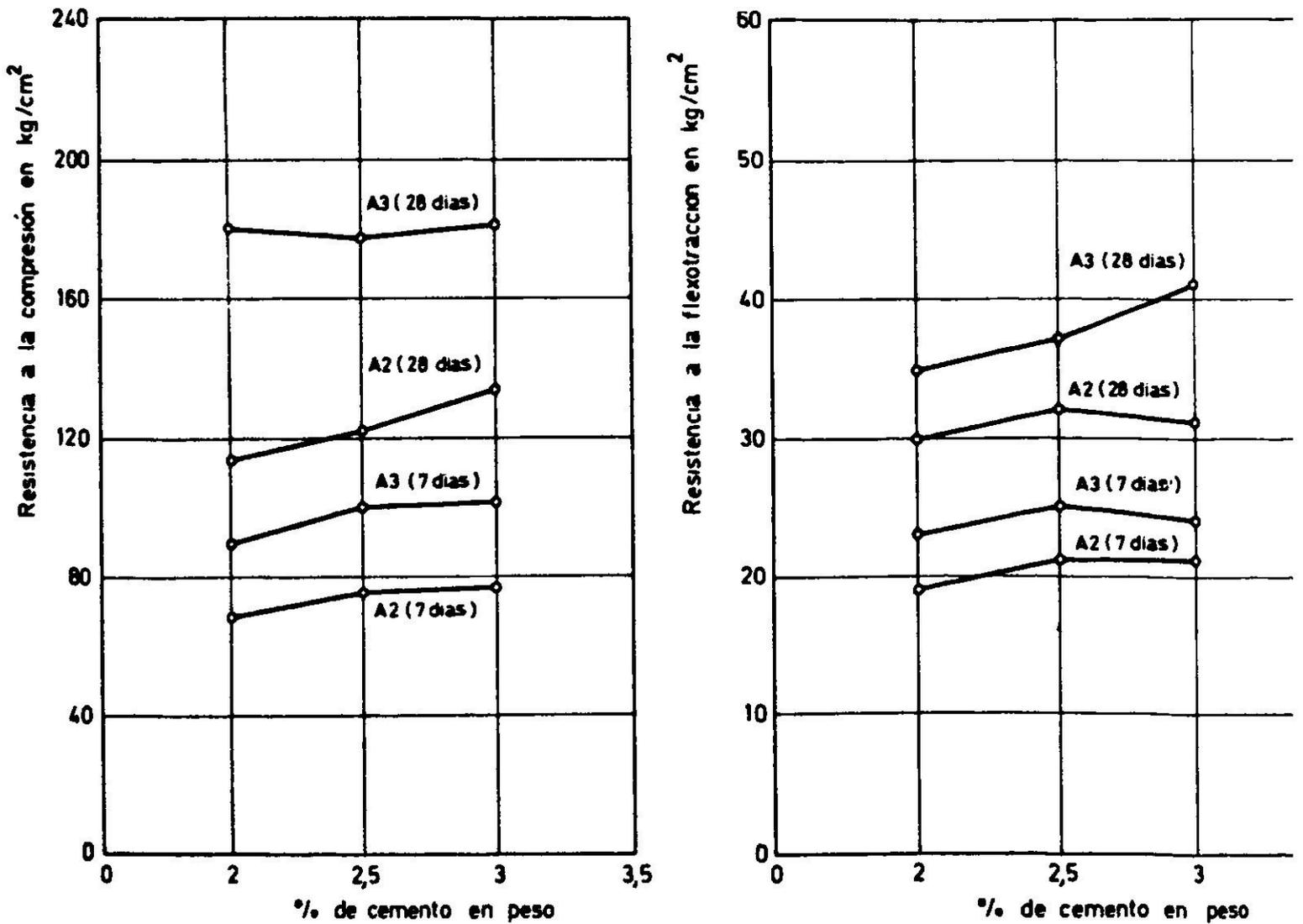


Fig. 6. Influencia del cemento como catalizador en la resistencia de la anhidrita.

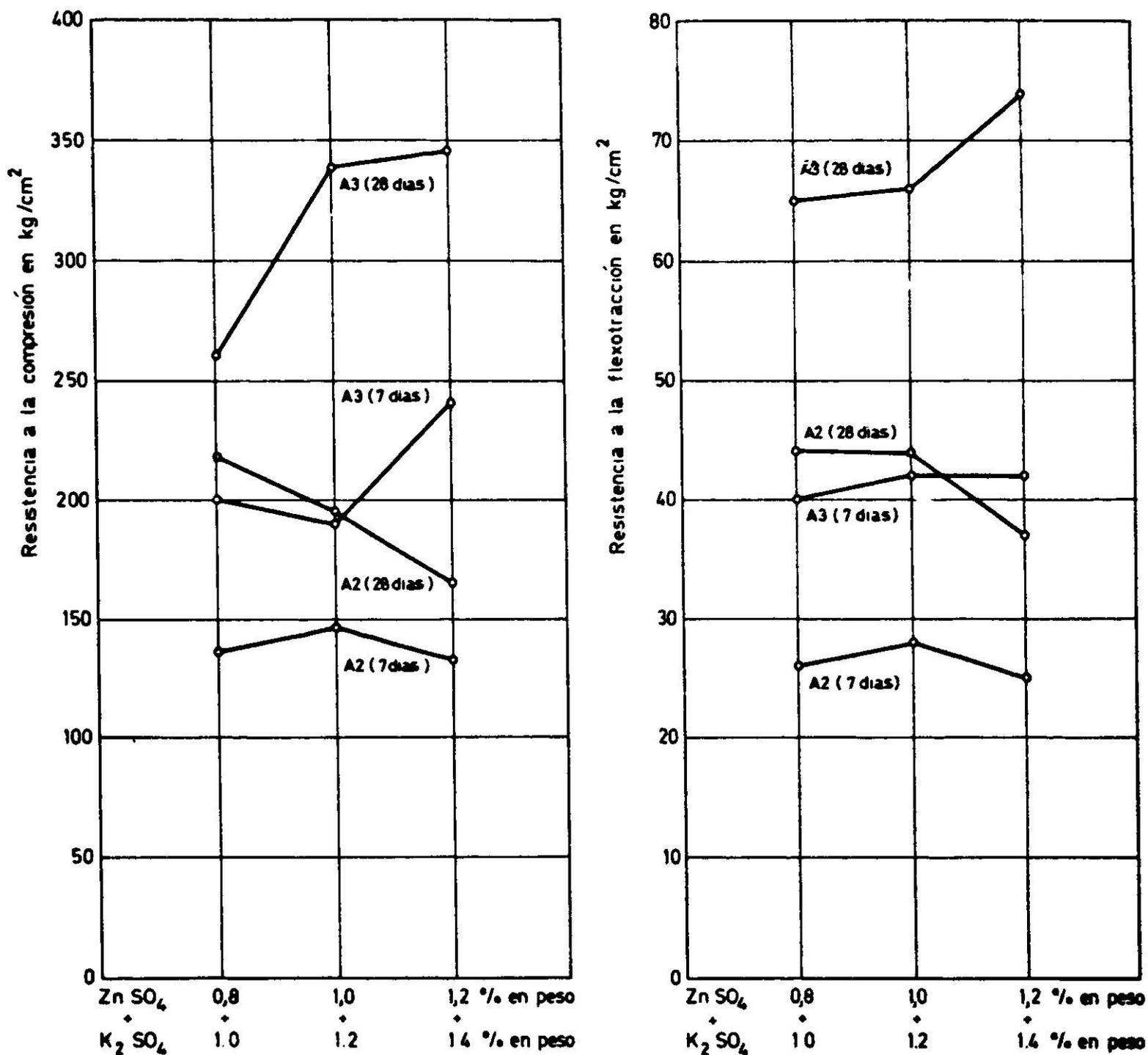


Fig. 7. Influencia de sulfatos como catalizadores en la resistencia de la anhidrita.

tes tienen que ser tratadas individualmente para poder desarrollar sus cualidades óptimas, con respecto a la clase y cantidad de activador adicionado.

Los valores de resistencias obtenidos tanto en flexión como en compresión permitirían el uso de este aglomerante en confección de ladrillos, bloques, paneles, estucos, etc. Cabe insistir que el aglomerante de anhidrita no es hidráulico, por lo tanto puede emplearse sólo en elementos de construcción que no estén expuestos a la influencia del agua, sea permanente, o sea de larga duración.

CONCLUSIONES

1. Los sulfatos de zinc y potasio resultaron ser los activadores más apropiados, tanto en velocidad de fraguado como en el desarrollo de resistencias mecánicas del aglomerante de anhidrita. Cabe señalar que este activador proviene de reactivos de laboratorio que son de un elevado costo, por tal razón se está estudiando el empleo de un activador nacional, accesible y económico como lo

- es el sulfato producido por Soquimich y que ha dado resultados aceptables. (200 kg/cm² en Rc a 28 días).
2. Debido a la composición química de los diferentes yacimientos de anhidrita, debe determinarse el tipo y cantidad de activador, en cada caso, para obtener óptimas propiedades físicas y mecánicas.
 3. La anhidrita es un material de gran estabilidad volumétrica, y su empleo no se vería restringido por fenómenos de expansión.
 4. Los valores obtenidos en resistencias mecánicas harían factible el empleo de la anhidrita como material de construcción (bloques, paneles, estucos, etc.). Su uso estaría limitado a zonas de clima seco o poco lluvioso, debido a su calidad de aglomerante no hidráulico.

BIBLIOGRAFIA

1. KLOHN, C. *Informe sobre los yacimientos de anhidrita y yeso en la provincia de Antofagasta*. 1961.
2. VILA, T. *Recursos minerales no-metálicos en Chile*. 3ª edición. 1953.
3. OTTEMANN, J. *La anhidrita como material de construcción*. Verlag Technik, Berlin, 1952.
4. CHENG, G.C. y ZUSSMAN, J. *The crystal structure of anhydrite (CaSO₄)* Department of Geology, Wandester, University, England, 1962.
5. LE CHATELIER, H. *Recherches experimentales sur la constitution de liants hydrauliques*, DUNOD, 1904.
6. BECHEIER, G., y FIEDLER, H. *Über rontgenografische Untersuchungen des Abbindeorganges bei Gyps*. Silicate Technique—Berlin, 1955.
7. HILLER, J. *Estudio experimental de la anhidrita celular*. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1972.
8. INDITECNOR NCh 151. *Of 68 Cementos. Determinación de consistencia normal*.
9. INDITECNOR NCh 157. *Of 70 Cementos. Determinación de tiempo de fraguado*.
10. INDITECNOR NCh 157. *Of 67 Cementos. Expansión en autoclave*.
11. INDITECNOR NCh 158. *Of 67. Cementos. Resistencias a flexión y compresión*.
12. DIN 4208. Normas Alemanas. *Agglomerantes de anhidrita*.

ANHIDRYTE

SUMMARY:

The characteristics and physico-chemical features governing the properties of anhydrite as a building material are presented. A notice is given of the existence and importance of anhydrite deposits in the northern part of Chile.

The results of an experimental study on the influence of chemical composition, fineness, water/anhydrite ratio and various accelerator upon setting time, strength and volume expansion of anhydrite are also presented.