

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL Y TERMOGRAVIMÉTRICO. APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

BEATRIZ MATEO SANZ (*)

RESUMEN. Las técnicas de análisis térmico son ampliamente utilizadas en la industria, para el estudio de las propiedades fundamentales de muchos tipos de materiales.

En este trabajo se resume el fundamento de dos de estas técnicas, Análisis Térmico Diferencial y Análisis Termogravimétrico, así como sus principales aplicaciones al estudio de los materiales de construcción.

ABSTRACT. *Thermal analysis techniques have many practical applications in industry, in understanding the fundamental properties of many types of material.*

The aim of this work is to summarize the principles of two of these techniques, Differential Thermal Analysis and Thermogravimetric Analysis, and their main applications in the study of building materials.

INTRODUCCION

Las técnicas de análisis térmico han sido utilizadas desde hace muchos años para el estudio de las propiedades fundamentales de los materiales.

En general, se pueden definir como un grupo de técnicas por las cuales una propiedad física de una sustancia y/o sus productos de reacción se mide en función de la temperatura, mientras la sustancia está sometida a un programa controlado de calentamiento o enfriamiento.

Desde este punto de vista tan amplio es evidente que estas técnicas son aplicables al estudio de todo tipo de materiales.

Las primeras investigaciones se realizaron en el campo de la mineralogía y metalurgia. Posteriormente se han llevado a cabo trabajos de naturaleza más práctica, y se han aplicado al estudio de aleaciones, plásticos, materiales de construcción, etc., dando énfasis en propiedades tan importantes como la durabilidad, la naturaleza física, e incluso explorando otras áreas como las relacionadas con la protección del consumidor.

Muchos de estos materiales tienen transiciones o procesos de interés a temperaturas superiores a los 600 °C. De aquí la importancia de contar con instrumentos capaces de alcanzar altas temperaturas.

Dependiendo de la propiedad medida, las técnicas de análisis térmico se dividen en varios tipos, que se resu-

men en la tabla 1. Siempre que sea posible, es importante usar más de una técnica, puesto que la información derivada de los métodos térmicos frecuentemente tiene sólo una correlación indirecta con el proceso de interés.

En el caso de los materiales de construcción, muchas referencias bibliográficas indican que el DTA junto con TG y otras técnicas no térmicas —difracción de rayos X, microscopía electrónica, microscopía de alta temperatura— son indispensables en el control de calidad de la producción y aplicación de dichos materiales.

La importancia de utilizar conjuntamente DTA y TG viene ilustrada por la información dada en la tabla 2, de la cual se puede deducir que con estas dos técnicas es posible distinguir, por una parte, reacciones que ocurren sin cambio de peso, como transiciones cristalinas, transiciones de segundo orden y reacciones en fase sólida, y, por otra parte, aquellos fenómenos que implican pérdida o ganancia de peso.

El Laboratorio Central, en su División de Materiales Inorgánicos, cuenta con dos de los equipos más modernos de análisis térmico, un analizador térmico diferencial de alta temperatura, marca Perkin-Elmer, modelo DTA 1700 (figura 1), y un analizador termogravimétrico de la misma marca y modelo TG 7 (figura 2). Ambos son sofisticados equipos controlados totalmente por ordenador, que incorporan los últimos avances tecnológicos de las técnicas respectivas.

A continuación describiremos brevemente los componentes y aplicaciones fundamentales de los dos equipos mencionados, así como el fundamento de cada una de estas técnicas.

(*) licenciada en Ciencias Químicas. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX IMOPU.

METODO	ABREVIATURAS	PROPIEDAD MEDIA
TERMOGRAVIMETRIA	TG	MASA
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL	DTA	ΔT ENTRE MUESTRA Y REFERENCIA
CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE BARRIDO	DSC	CALOR ABSORBIDO O DESPRENDIDO
ANALISIS DESPRENDIMIENTO DE GAS	EGA	NATURALEZA Y CANTIDAD DE ESPECIE DESPRENDIDA
TERMOCALATOMETRIA	TD	DIMENSION
ANALISIS TERMOMECANICO O TERMOMEKANOMETRIA	TMA DMA	DEFORMACION
TERMOMAGNETOMETRIA	TM	SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA RELATIVA

TABLA 1. Técnicas termooanálisis comunes.

FENOMENO	CAMBIO DE PESO		EFECTO TERMICO	
	GANANCIA	PERDIDA	ENDOT.	EXOT.
ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN	1	—	—	1
DESORCIÓN	—	1	1	—
DESHIDRATACION	—	1	1	—
TRANSICION CRISTALINA	—	—	1	1
FUSION	—	—	1	—
VAPORIZACION	—	1	1	—
SUBIMACION	—	1	1	1
DESCOMPOSICION	—	1	1	1
DEGRADACION OXIDATIVA	—	1	1	1
REAC. ESTADO SOLIDO	—	1	1	1
REAC. SOLIDO-GAS	1	—	1	1

TABLA 2. Fenómenos estudiados por DTA y TG, y efectos observados en el ciclo de calentamiento.

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

El análisis térmico diferencial (ATD o DTA) da una idea de las transformaciones físico-químicas que tienen lugar en una sustancia determinada, y las temperaturas a que dichas transformaciones aparecen.

Los primeros estudios datan de 1887. La técnica fue iniciada por Le Chatelier y mejorada posteriormente por Calledar (1897), Stromsfield (1898) y Robert-Austen (1898).

El fundamento del análisis térmico diferencial es la medida de la diferencia de temperatura entre la muestra y un material de referencia, cuando las dos especies

están sujetas a idénticos regímenes de temperatura, en un ambiente calentado o enfriado a velocidad controlada. El material de referencia no debe sufrir transformaciones en el rango de temperaturas de interés.

El registro obtenido indica si la sustancia es térmicamente activa en el rango de temperatura usado, mediante una serie de picos cuya posición depende de la composición química y estructura cristalina de la sustancia y cuyo área está relacionadas con la energía envoluelta en la reacción que está ocurriendo.

Los componentes básicos de un aparato de DTA son:



FIGURA 1. Analizador térmico diferencial.

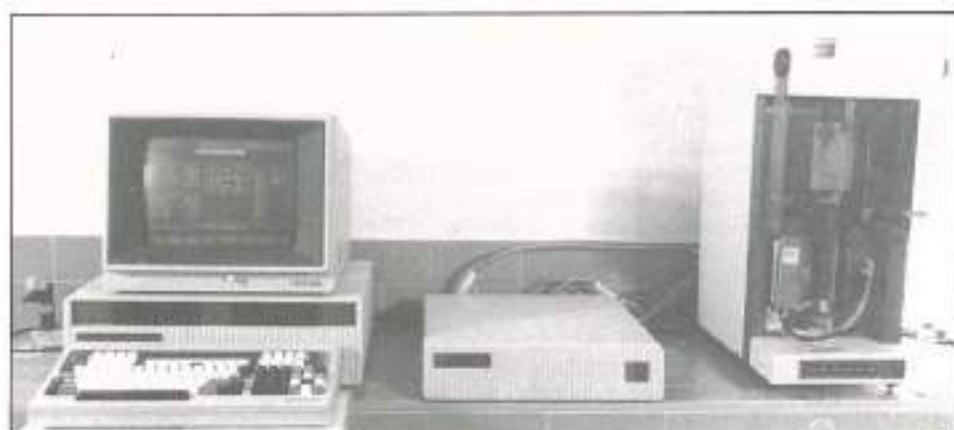


FIGURA 2. Analizador termogravimétrico.

- Fuente de calor.
- Sistema de regulación de temperatura.
- Soporte de la muestra.
- Sistema de medida y registro de temperatura.

También se considera esencial un sistema para controlar la atmósfera alrededor de la muestra que se está analizando.

La interrelación entre estos componentes se muestra en la figura 3.

En el DTA 1700 estos componentes se encuentran agrupados en tres módulos principales:

- Analizador, compuesto por la fuente de calor, el soporte de la muestra y el sistema de medida de temperatura.
- Microprocesador, que controla la línea base, la sensibilidad y la óptima presentación de los resultados.
- Ordenador, a través del cual se introducen los parámetros necesarios para realizar el análisis y se pone en funcionamiento el programa de temperatura, per-

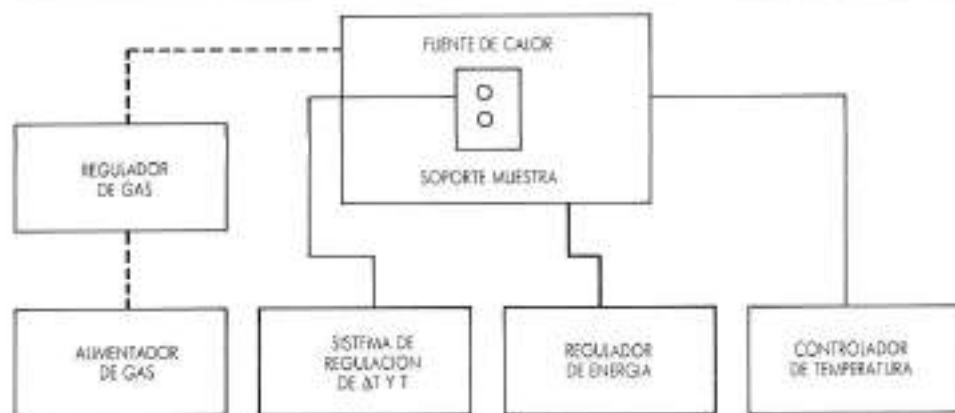


FIGURA 3. Diagrama de los componentes básicos de un aparato de DTA.

- Alimentador de energía.
- Circuitos de los termopares.
- Alimentador de gas.

mitiendo un seguimiento continuo de los resultados en pantalla o plotter.

La fuente de calor en el DTA 1700 consiste en un horno de masa muy reducida que permite ser calentado a velocidades de hasta 100 °C por minuto, debido a su baja inercia térmica. Presenta también la capacidad de enfriamiento automático por aire, bien para un rápido regreso a las condiciones iniciales, o para realizar un programa controlado de enfriamiento. Una de sus mayores ventajas es que puede operar desde temperatura ambiente hasta 1.500 °C, con lo que cubre el rango de temperaturas de interés para la mayoría de los materiales.

Tanto la muestra como la sustancia de referencia se colocan dentro de unos crisoles que pueden ser de alúmina o platino, en contacto con sendos termopares de platino y platino/10 % rodio, que controlan la temperatura de ambas. Cuando la muestra sufre una transformación, se establece una diferencia de potencial entre los termopares, que se registra en forma de pico.

El DTA 1700 puede operar tanto en modo DTA como en DSC —calorimetría diferencial de barrido—. En el primer caso, el sistema controla la señal de ΔT , representando la diferencia de temperatura entre la muestra y el material de referencia. En el modo DSC, la señal de ΔT es optimizada y calibrada en unidades de mcal/seg, facilitando las medidas del área de pico.

En cuanto al control de la atmósfera, pueden utilizarse una amplia gama de gases de purga, dependiendo del estudio que se vaya a realizar.

Los factores que influyen en el ATD pueden dividirse en tres grupos:

- Factores relacionados con el aparato:
 - Velocidades de calentamiento.
 - Termopares.
- Factores relacionados con la muestra:
 - Tamaño de partícula.
 - Pretratamiento.
 - Tamaño de la muestra.
- Factores relacionados con el material de referencia.

Todos estos factores influyen en la forma de las curvas, el tamaño de los picos y las temperaturas en que éstos aparecen, con lo que, dependiendo de las condiciones en las que se lleva a cabo el análisis, los resultados pueden ser muy distintos. Por eso es muy importante elegir correctamente los parámetros adecuados a cada muestra y tipo de estudio.

Algunas de las posibilidades de funcionamiento del equipo son:

- Estudios a altas temperaturas: el DTA 1700 puede trabajar eficazmente entre temperatura ambiente y 1.500 °C. El instrumento se calibra generalmente usando uno o varios patrones metálicos.
- Modo DSC: se utiliza en aquellas aplicaciones donde se desean estudios cuantitativos basados en el área de pico.
- Estudios con distintas atmósferas: una amplia variedad de gases de purga pueden ser usados con el

DTA 1700. La elección del gas depende del tipo de estudio deseado y del tipo de material estudiado.

- Programas de enfriamiento controlado: las curvas de enfriamiento han jugado históricamente un papel importante en la caracterización de materiales y en la construcción de diagramas de fase.
- Transiciones cristalinas, cristalizaciones, puntos de fusión: son tres de los estudios más comunes realizados mediante análisis térmico diferencial.

ANÁLISIS TERMOGRAVIMETRICO

Es la técnica por la cual se registra la variación del peso de una sustancia en función del tiempo o de la temperatura cuando dicha sustancia se encuentra en un ambiente calentado o enfriado a velocidad controlada.

En 1908, Nernst y Riesenfeld realizaron los primeros estudios. En 1915, Honda diseñó un aparato que se denominó termobalanza y que puede considerarse como el comienzo de la termogravimetría, ya que los cambios de peso se registraban continuamente.

Los componentes básicos de una termobalanza son:

- Balanza.
- Horno.
- Registrador.

El esquema de éstos y su interrelación se muestra en la figura 4.

El TGA 7 utiliza una microbalanza para la medida de los cambios de peso térmicamente inducidos. Puede ser usado para medir pequeños cambios de peso, llegando incluso hasta sensibilidades del orden de 0,1 µg. Esta alta sensibilidad es necesaria en algunos estudios, como por ejemplo la evolución de pequeñas cantidades de agua y componentes volátiles de una muestra.

Por otra parte, permite utilizar muestras de hasta 1,3 gr, por lo que se pueden realizar experimentos con gran cantidad de material o materiales muy densos. La combinación de alta sensibilidad y el amplio rango de operación, hace al TGA 7 suficientemente versátil para realizar ensayos de cualquier material.

Asimismo, la reproducibilidad de las medidas de TG depende del control preciso de la temperatura de la muestra. El TGA 7 consta de un horno de masa reducida, que permite el calentamiento a velocidades desde 0,1 a 200 °C por minuto. También, debido a su bajo peso, permite un rápido enfriamiento, de una media de 15 minutos desde la temperatura más alta. El resultado es que se pueden analizar más muestras en menos tiempo, aumentando la productividad.

El horno puede trabajar desde temperatura ambiente hasta 1.500 °C, por lo que se pueden realizar estudios de alta temperatura, incluyendo aplicaciones en cerámica, metales y minerales.

Al igual que el DTA 1700, todas las operaciones se controlan desde un ordenador, y los resultados pueden seguirse por pantalla o registrarse con un plotter.

Los factores que afectan a la termogravimetría se pueden dividir en dos grupos:

- Factores instrumentales:
 - Marca de la termobalanza.

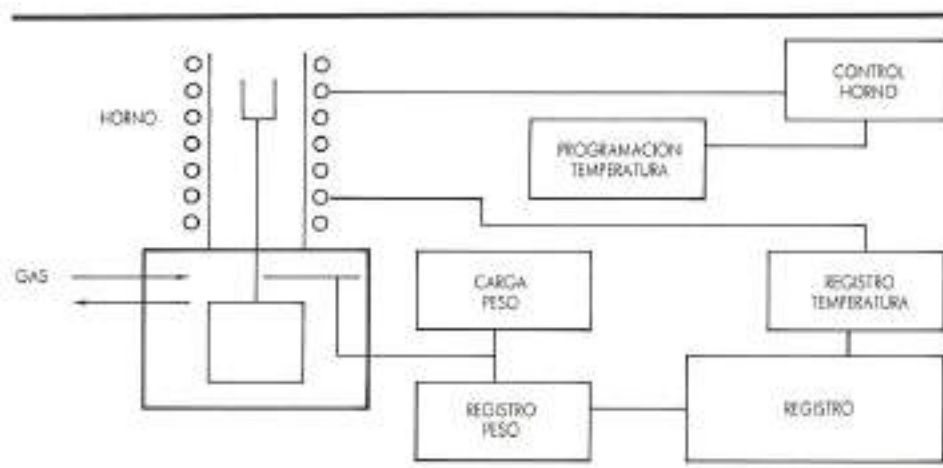


FIGURA 4. Esquema de una termobalanza.

- Naturaleza y posición del termopar.
- Velocidad de calentamiento.
- Naturaleza y velocidad de la atmósfera envolvente.
- Naturaleza y forma del crisol.

— Factores característicos de la muestra:

- Naturaleza de la muestra.
- Tratamientos previos.
- Pureza.
- Tamaño de partícula.
- Cantidad de muestra.

Algunas de las aplicaciones generales más importantes son:

- Separación de componentes: Una de las aplicaciones más comunes de la termogravimetría es la separación cuantitativa de los componentes de una mezcla. Por ejemplo, debido a las diferencias en la estabilidad térmica y oxidabilidad, la selección del programa de temperatura y la atmósfera apropiados, dan lugar a la separación cuantitativa de los componentes principales de un polímero.
- Estudios de descomposición: La gráfica de descomposición de un material cuando se expone a un aumento lineal de temperatura o a una sola temperatura, es un dato importante tanto en la industria como en la investigación.
- Estudios a alta temperatura: El TGA 7 puede utilizarse para evaluar las propiedades de materiales hasta 1.500 °C. Así, por ejemplo, puede realizarse el termograma del talco, que es un material muy importante en la industria cerámica.
- Medidas de la temperatura de Curie: El diseño del horno del TGA 7 permite que la muestra esté fácilmente sujeta a un campo magnético. De esta forma, el comportamiento ferromagnético de algunos materiales, como aleaciones y óxidos metálicos, pueden ser fácilmente estudiados con el TGA 7.

APLICACION DEL ATD Y TG AL ESTUDIO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

Algunas de las principales aplicaciones son:

A. CEMENTO PORTLAND

- Materias primas calizas: Caracterización de calizas usadas en la producción del cemento portland. Particularmente valiosas para la estimación cualitativa y cuantitativa de $MgCO_3$, cuya cantidad debe ser nula o debe ser controlada en la producción del cemento portland.
- Estudios del comportamiento del cemento a altas temperaturas: Cambios polimórficos del C_2S durante el calentamiento y enfriamiento.
- Hidratación: Hidratación de C_3A , C_2S , $\beta-C_2S$ y la fase férrica. Hidratación de C_3A en presencia de aceleradores y retardadores.

B. ESCORIAS DE HORNO ALTO

- Junto con otras técnicas se utilizan para seguir e interpretar los cambios de fase en el sistema $CaO-Al_2O_3-SiO_2-MgO$ durante el enfriamiento y calentamiento. Esto se realiza con el fin de evaluar la posibilidad de utilizar escorias de horno alto con un gran contenido de MgO , para la fabricación de cemento, estudiando la posible formación de la periclasa, que puede acarrear una serie de problemas al hormigón.
- La escoria de horno alto utilizada en la industria del cemento es un material vítreo que al calentar desvitrifica alrededor de 800 °C. La evolución del calor que acompaña la desvitrificación se caracteriza por uno o varios picos exotérmicos en las curvas ATD. También se ha estudiado la variación del tamaño y forma del pico de desvitrificación durante la hidratación en presencia de cantidades crecientes de yeso.
- Igualmente se ha utilizado el ATD para examinar la calidad de las escorias y la influencia de éstas en los cementos, estimando el contenido vítreo de dichas escorias y evaluando su actividad.

C. YESO

- Etapas de deshidratación.
- Grado de hidratación del sulfato cálcico en el cemento portland: Determinación de los contenidos de yeso y hemihidrato.

D. CALES NO HIDRAULICAS

- Caracterización de cales, dolomitas y magnesitas.
- Diferenciación entre la calcita y aragonita, debido al cambio de fase no reversible que ocurre en la aragonita a unos 470 °C.
- Diferenciación de cales, dolomitas y materiales intermedios, como cales dolomíticas.
- Hidratación de la cal, y especialmente hidratación de cal dolomítica.
- Determinación rápida de la cal por ATD basada en la reacción entre los carbonatos de calcio y magnesio, y los hidróxidos.
- Grado de hidratación y carbonatación de las cales en morteros.

E. MATERIALES DE CONSTRUCCION CERAMICOS

- Caracterización e investigación de materias primas cerámicas, como arcillas, carbonatos y sulfatos.
- Investigación de las reacciones en fase sólida que ocurren en los materiales cerámicos de construcción a elevadas temperaturas, esencial para el control de calidad de la industria cerámica.
- Mecanismos de deshidratación y combustión de materiales cerámicos. Esto es importante para prevenir la rehidratación, que provoca expansiones volumétricas.
- Estudio de vidrios: Determinación de las temperaturas y calores de desvitrificación de los vidrios.

F. MATERIALES DE CONSTRUCCION ORGANICOS

- Estudio de polímeros utilizados en revestimientos para suelos, paredes y cubiertas.
- Durabilidad de plásticos: Estudio de la degradación térmica y oxidación de los plásticos.

G. PIEDRA NATURAL, GRAVAS Y ARENA

- Han sido ampliamente estudiados por ATD: cuarzo, dolomita, feldespato, vermiculita, ceniza volante, obsidiana y asbestos, y muchos de ellos muestran curvas características. Así ha sido estudiada la transformación $\alpha \rightleftharpoons \beta$ del cuarzo a 573 °C, utilizada para estimar el contenido de éste en varios materiales.
- Caracterización de minerales de mica y estimación de su contenido en arenas. Es importante limitar el contenido de mica en los áridos porque este mineral afecta a la resistencia del hormigón.
- Caracterización de piedras naturales de construcción, como mármol. Estudio de granitos, cuarcitas y areniscas. Detección y estimación de minerales férricos, que pueden producir manchas en las piedras o en el hormigón.

H. OTROS

- Junto con las técnicas de rayos X y microscopía electrónica, se utilizan para la identificación y caracterización de suelos y arcillas.
- Hidratación de pastas hechas con cal y materiales puzolánicos variados. Después de 400 días de hidratación los principales productos son tobermorita y $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.
- Identificación de productos cuaternarios en el sistema $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaSO}_4-\text{H}_2\text{O}$ para obtener más in-

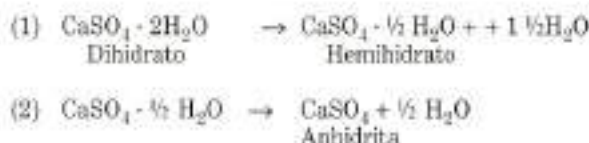
formación sobre su influencia en el desarrollo de resistencia en los conglomerantes puzolana-sulfato cálcico.

Entre los últimos trabajos realizados por la División de Materiales Inorgánicos del Laboratorio Central, relativos al estudio de los materiales de construcción, en los que se han aplicado estas técnicas, podemos citar como ejemplo el estudio de las etapas de deshidratación del yeso, por resultar muy ilustrativo.

En la fabricación del cemento portland el yeso se utiliza como regulador del tiempo de fraguado, para lo cual se adicione el clinker en una cantidad que corresponde a un 1 ó 2 % de SO_3 y está limitada por los pliegos de prescripciones, en función del tipo de cemento, pues la presencia de cantidades mayores da lugar a expansiones lentas del cemento fraguado.

Es particularmente importante que el yeso se encuentre en la forma adecuada. Cuando durante la molienda del cemento ocurre una elevación de temperatura, se produce la deshidratación parcial del yeso, transformándose en hemihidrato, que es considerado como una de las principales causas del «falso fraguado» del cemento, con los consiguientes problemas que conlleva.

La deshidratación del yeso se realiza en dos etapas:



Estas pueden ser claramente diferenciadas en las curvas de ATD (figura 5), donde aparecen principalmente dos picos endotérmicos. El primero (145-148 °C) corresponde a la pérdida de una molécula y media de agua, paso de dihidrato a hemihidrato (1) y el segundo (170-175 °C) a la pérdida de media molécula de agua, paso de hemihidrato a anhidrita (2).

Igualmente mediante el empleo de esta técnica se pueden diferenciar los dos tipos de hemihidrato, α y β , ya que el $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ presenta un pico exotérmico alrededor de 350 °C, ausente en la forma α . Este pico corresponde a la transformación de anhidrita soluble e insoluble, y puede observarse tanto en la figura 5 (3), como en la figura 6 (b), correspondiente al termograma del $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$.

Como ejemplo de aplicación del ATD y TG al estudio del cemento, las figuras 7 y 8 muestran las curvas correspondientes a una pasta de cemento de 14 días de edad.

En la figura 7 se observan dos picos endotérmicos característicos. El primero aparece a unos 120 °C y el segundo alrededor de 450 °C, temperaturas que se corresponden con sendas pérdidas de peso, como puede observarse en la figura 8.

Esto puede atribuirse a la pérdida de agua de hidratación, y se puede llegar a la conclusión de que la deshidratación tiene lugar de forma discontinua, es decir, en

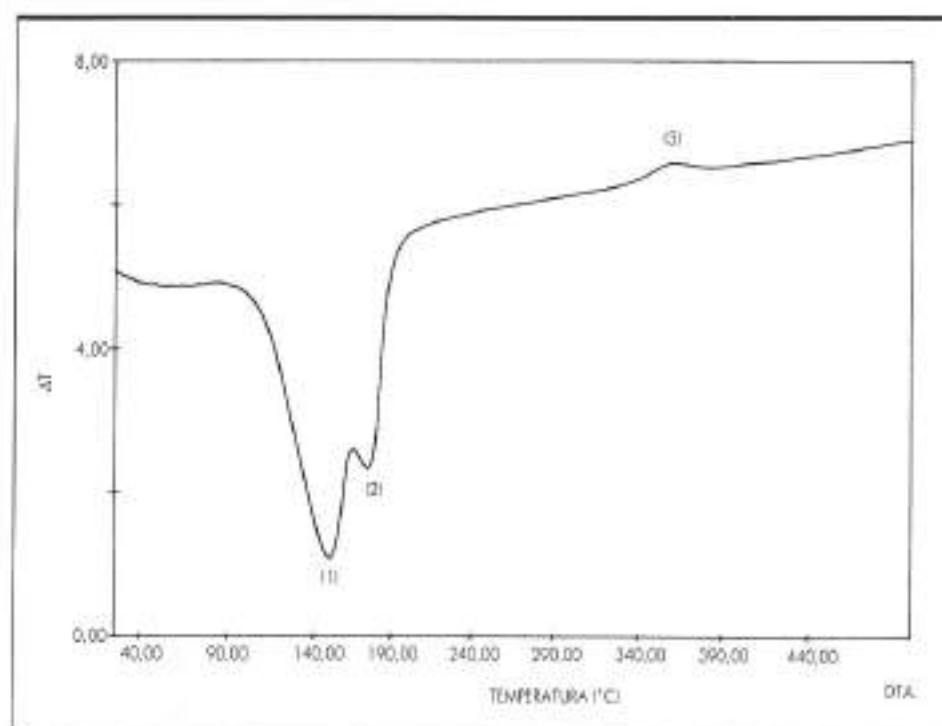


FIGURA 5. Curva ATD de una muestra de yeso.

(1) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + 1 1/2 \text{H}_2\text{O}$.

(2) $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 + 1/2 \text{H}_2\text{O}$.

(3) $\text{CaSO}_4 \text{ soluble} \rightarrow \text{CaSO}_4 \text{ insoluble}$.

etapas de diferente intensidad de deshidratación dependiendo de la temperatura.

Por otra parte, la tercera pérdida de peso que aparece en la figura 8 puede atribuirse a la descarbonación.

En general, cuando se analizan cementos o materiales similares por TG, se puede asumir que las pérdidas de peso que suceden hasta 500 °C se deben a la deshidratación, mientras que las que ocurren a partir de 700 °C son debidas a la descarbonación.

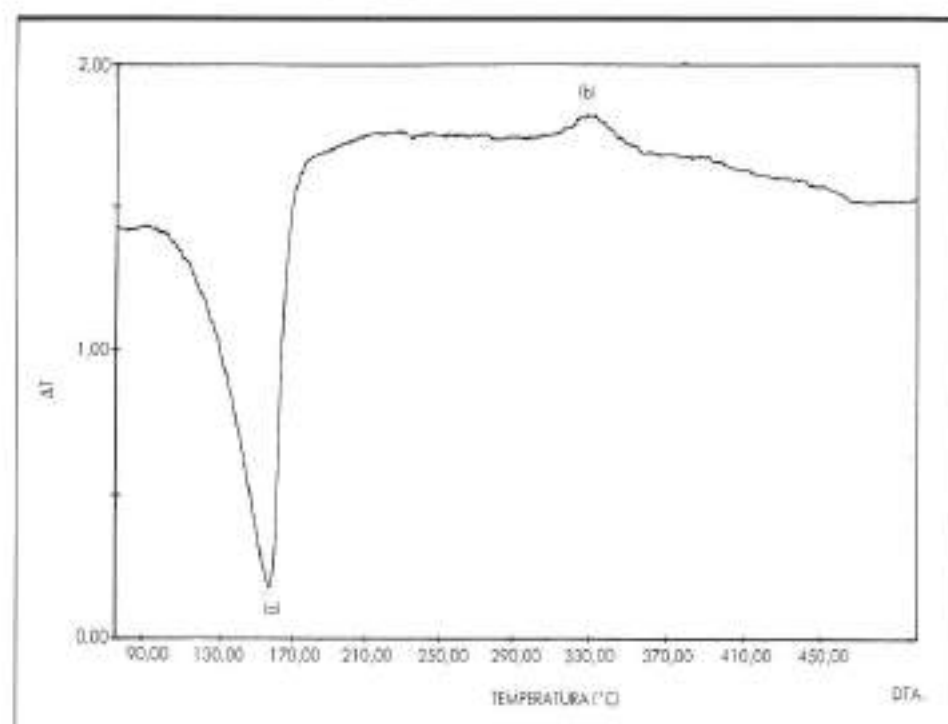


FIGURA 6. Curva ATD del $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$.

(a) $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 + 1/2 \text{H}_2\text{O}$.

(b) $\text{CaSO}_4 \text{ soluble} \rightarrow \text{CaSO}_4 \text{ insoluble}$.

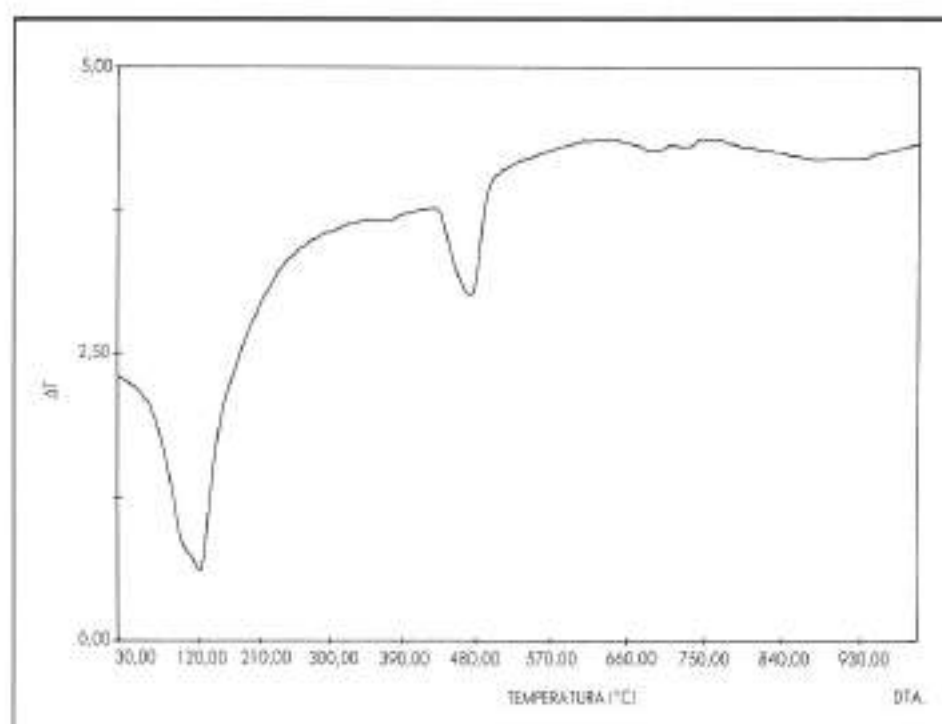


FIGURA 7. Curva ATD de una pasta de cemento.

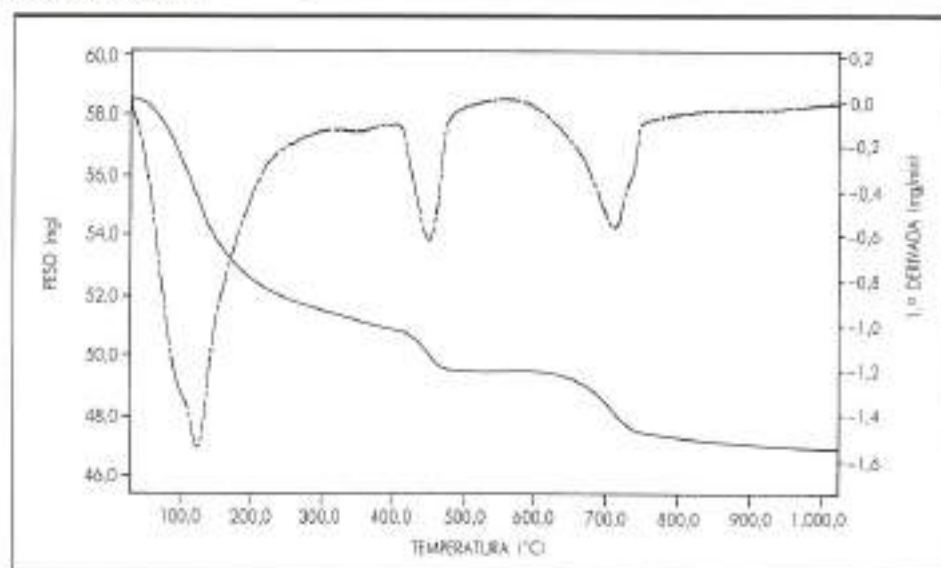


FIGURA 8. Curva TG de una pasta de cemento. La línea discontinua corresponde a la primera derivada con respecto al tiempo.

CONCLUSIONES

Las técnicas de análisis térmico, y en particular ATD y TG, tienen muchas aplicaciones prácticas en el estudio de los materiales de construcción, permitiendo el estudio de las propiedades fundamentales de éstos de una forma rápida y reproducible.

BIBLIOGRAFIA

BAKER, K.F. (1978). «Evaluation of cements and alloys by high temperature thermal analysis». American Laboratory, January.

HONEYBORNE, D.B. (1955). «Differential Thermal analysis and its application to the study of building materials». Chem. and Ind, Jun. 662-669.

MACKENZIE (1970). «Differential thermal analysis». Academic Press, London.

GALLAGHER (1988). «Characterization of materials by thermoanalytical techniques». MRS Bulletin, July 23-27.

LONGUET, LONGUET, P. (1968). «The use of thermogravimetric measurements in cement chemistry». Proceedings of the fifth Int. Simposion on the chemistry of cement, Tokio.

GEOLINER

al servicio de la Ingeniería Civil

GEOLOCK®

IMPERMEABILIZACION VERTICAL
de terrenos con láminas de Polietileno de Alta
Densidad (PEAD); hasta 40 m. de profundidad.



GEOLINE

IMPERMEABILIZACION DE
SUPERFICIES con láminas flexi-
bles de Polietileno de Alta
Densidad (PEAD).



MEBRA-DRAIN®

ASENTAMIENTO Y ESTABI-
LIZACION DE SUELOS por drenaje
vertical, hasta 40 m. de pro-
fundidad.

- GRANDES OBRAS HIDRAULICAS: Embalses; Canales; Presas; etc.
- SANEAMIENTO: Lagunajes; Depuradoras; Biodegestores; etc.
- MEDIO AMBIENTE: Vertederos; Balsas de lodos; Sellado de Vertederos; etc.
- EDIFICACION: Depósitos; Cubiertas; Terrazas; etc.
- CARRETERAS: Consolidación de Terrenos Saturados; Puentes; Túneles; etc.
- PUERTOS: Balsas de recogida de letreros; Balsas de Almacenamiento de lodos; etc.
- AGRICULTURA: Acequias; Grandes Balsas; Silos; etc.
- ACUICULTURA: Piscifactorías; Granjas de Cultivos; etc.

CAMPOS DE APLICACION

**GEOTECHNICS
HOLLAND BV**

Zuider Uldijk 58, 1095 KJ Amsterdam
P.O. Box 4900, 1009 AX Amsterdam
Tel. 020-665 16 14 or 665 14 04
Telex 18481 GEOTH NL
Telefax 020-94 14 57



GEOLINER
GEO LINER SYSTEMS, S.A.

Chile, 1 - Portal 1, 2º - 2
Tels. 639 67 11 - 639 68 50 - 638 64 20
Fax 639 24 82
28020 MAJADAHONDA (MADRID)



COFRA b.v.

Kantoor: Zuider-Uldijk 58, 1095 KJ Amsterdam
Telefoon: 020 - 93 45 96 / 93 14 85
Telex: 18481 GEOTH NL
Telefax: 020 - 94 14 57

RUGOPAVE. CON TODA SEGURIDAD.

RUGOPAVE es un microaglomerado específico de reducido espesor, fabricado con un betún modificado TELCOLASTIC, ligante especial de características excepcionales.

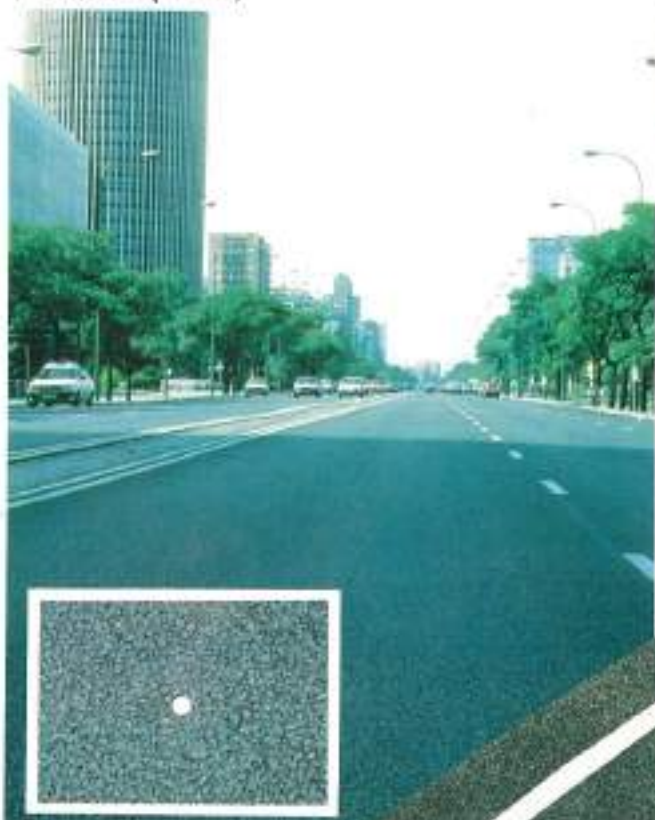
Debido a su extraordinaria elasticidad, resistencia al envejecimiento e impermeabilidad, RUGOPAVE resulta una rodadura ideal para todo tipo de pavimentos: Vías urbanas, carreteras, autopistas...

Por su drenabilidad superficial, RUGOPAVE evita la acumulación de agua en el pavimento, a la vez que disminuye el nivel de sonoridad, aumentando con ello los índices de seguridad y comodidad del usuario.

RUGOPAVE ofrece máxima duración... con toda seguridad.

Tecnología viva

P^a Castellana (Madrid)



Autovia Madrid Toledo

