

Normas y ensayos

PABLO GARCIA DE PAREDES, Lcdo. en Ciencias Químicas, Investigador Científico

De acuerdo con el carácter de estas Jornadas, esta ponencia deberá considerarse como una sencilla "presentación" de la cuestión, nunca como una exposición magistral y exhaustiva de la misma. El interés de las comunicaciones presentadas, la utilidad del diálogo que ellas provoquen y el límite improrrogable del tiempo disponible, aconsejan proceder de ese modo.

No olvidemos que la finalidad remota de estas Jornadas es despertar vocaciones que permitan la creación y eficaz funcionamiento de grupos de trabajo, los cuales manteniendo una frecuente y amigable comunicación consigan elaborar directrices susceptibles de ser ofrecidas a los estamentos competentes para la redacción de las normas y recomendaciones más útiles y acomodadas a nuestras condiciones y, debido a ello, más eficaces para la realización de obras con la máxima duración posible.

La variedad de los agentes que modifican la durabilidad de las construcciones de hormigón provoca el deseo de conocer los límites entre los que se puede tolerar la presencia de agresivos en los diversos ambientes.

Esta preocupación se ha traducido en disposiciones oficiales: LAS NORMAS, muy diversas y a menudo renovadas de acuerdo con los resultados obtenidos en las investigaciones y con las observaciones deducidas de la experiencia adquirida en las obras. Ambas fuentes de información permiten alcanzar un mejor conocimiento de los procesos destructivos y de la evolución que experimentan las pastas cementantes durante su hidratación.

En cierta medida se pueden considerar como normas de durabilidad los "Pliegos" que precisan las características de los conglomerantes, los áridos, el agua y los aditivos; así como los "Códigos de buena práctica" y las "Instrucciones", ya que la finalidad de todos ellos es conseguir una obra bien hecha y, por lo tanto, durable.

Comentaremos someramente algunas Normas que estimamos significativas y que por ser europeas se acomodan mejor a nuestras condiciones.

N O R M A S

NORMA DIN 4 030

Comprende esta norma la calificación de los agentes corrosivos contenidos en aguas, terrenos y gases. Los medios líquidos que abarca son las aguas subterráneas, las que escurren de los escoriales y vertederos, las aguas usadas y el agua de mar. No se refiere a las disoluciones acuosas concentradas.

Tampoco menciona las recomendaciones dirigidas a la preparación y uso de hormigones en masa o armados, las cuales se exponen en la norma DIN 1 045.

En primer término describe, en 6 párrafos y 15 apartados, los posibles agresivos: áridos, sulfatos, grasas vegetales y grasas minerales.

A continuación menciona los lugares y ambientes naturales donde tales agresivos aparecen; aguas y suelos.

Puntualiza, luego, cada uno de los datos que es necesario conocer y esquematiza para cada uno el modo de operar. Para los medios líquidos requiere los siguientes: pH; Olor; Consumo de KMnO_4 en mg/l; Dureza total; Dureza de carbonatos; Dureza de no carbonatos; Magnesio en mg/l; Amonio en mg/l; Sulfatos, como SO_4^{2-} , en mg/l; Cloro, como Cl^- , en mg/l; y Carbónico agresivo para la cal en mg/l de CO_2 , apreciado mediante el ensayo con mármol.

Para los suelos: el grado de acidez de cambio, según Bauman-Gully, los sulfatos, como SO_4^{2-} en mg por kg de tierra secada al aire y sulfuros S^{2-} , también en mg por kg de tierra secada al aire.

Por cierto que este “secado al aire” está normalizado en la DIN 51 718 y se realiza con aire a 20°C y 60 ± 10 % de humedad relativa.

Para conocer el “grado de acidez de cambio” según Bauman-Gully es necesario acudir a un trabajo de H. Gessner, publicado en el año 1928 por el Laboratorio Federal de Ensayos e Investigaciones de Materiales, de Zurich.

La norma precisa el modo de proceder para obtener las muestras perfectamente representativas de aguas y suelos. Quedaría inoperante la norma si careciese de cuadros indicativos de los valores de la concentración de agresivos que califican el grado de nocividad de los medios.

Esta norma es muy parca tanto en grados como en límites. Para los medios líquidos establece solamente tres grados de nocividad: Agresividad débil, Agresividad fuerte y Agresividad muy fuerte. Los agentes agresivos que menciona son: Valor del pH; Carbónico agresivo, en mg/l; Amonio NH_4^+ , en mg/l; Magnesio Mg^{2+} , en mg/l y Sulfatos, expresados como SO_4^{2-} , en mg/l.

Los medios sólidos (suelos) se califican con sólo dos grados: Débilmente agresivo, Fuertemente agresivo y, para la calificación, se tomará en cuenta únicamente el grado de acidez Bauman-Gully y la cantidad de sulfatos, expresada como SO_4^{2-} , en mg por kilo de tierra “seca al aire”.

Por último la norma describe el modo de operar para las tomas de muestra de líquidos o de sólidos y para cada una de las operaciones de análisis químico.

NORMA TGL 11 357

La norma TGL 11 357, de la República Democrática Alemana, es aplicable a toda clase de objetos y estructuras de hormigón, ya sean prefabricados o elaborados in situ, y que, ocasional o de modo permanente, tengan contacto con aguas y terrenos agresivos.

El índice de su texto proporciona una idea muy real del valor que esta norma representa:

1. Sustancias y aguas agresivas; sus efectos.
2. Estado natural de las sustancias agresivas.
3. Examen y calificación de las aguas.

4. Agresividad “activa” para el hormigón.
5. Principios fundamentales para la defensa de las construcciones.
6. Toma de muestras de agua y del terreno.

La norma, en el apartado 1, define los fenómenos destructivos según tres tipos:

Corrosión física: (Pérdida de materiales), como, por ejemplo, lixiviación.

Corrosión química: (Pérdida o ganancia de materiales), como, por ejemplo, formación de compuestos poco solubles en otros más solubles.

Corrosión físico-química: (Fisuración), como, por ejemplo, formación de sales cristalizadas.

La descripción de los agresivos comprende: los ácidos minerales, incluyendo el carbónico agresivo y los orgánicos; los sulfatos solubles alcalinos y alcalino-térreos, y las grasas y aceites vegetales y minerales.

En el apartado segundo se incluyen: el agua del mar; las aguas de montaña y de turberas, y los desagües industriales.

Como la calificación de los medios agresivos se realiza (en esta norma) sobre los valores obtenidos mediante el análisis químico, el apartado tercero, además de indicar cuáles son los componentes que es necesario apreciar, se complementa con una “tabla de calificaciones” merecedora de un estudio más amplio:

a) Estudio de la tabla calificadora.

a₁) *Aplicación de las calificaciones*. La calificación que aparece en la tabla es aplicable sin modificaciones *únicamente* a un hormigón de cemento tipo portland, con áridos silíceos, granulometría adecuada, y que alcance a los 28 días una resistencia a la compresión de 50 kp/cm², medida en probeta cúbica de 20 cm de arista.

En el texto de la norma se indican las circunstancias que modifican la calificación.

a₂) *Grados de agresividad*. La norma distingue y establece cinco grados de agresividad: I) Nula, II) Débil agresividad, III) Mediana agresividad, IV) Fuerte agresividad y V) Muy fuerte agresividad.

a₃) *Divisiones de la tabla*. La tabla se subdivide en tres Secciones, A, B y C, según qué datos, de los obtenidos por el análisis químico del agua, se tomen en consideración para apreciar el carácter agresivo.

La Sección A es aplicable a las aguas que, por su contenido en carbónico agresivo y en baja salinidad, hidrolizan los compuestos formados en la hidratación de los conglomerantes y extraen de la pasta cementicia los productos de la hidrólisis y de la hidratación, principalmente los cálcicos. Por eso aparecen como calificadores, la cuantía del residuo obtenido al evaporar el agua a 100°-110°C, los contenidos de: ion calcio, apreciado como óxido CaO; carbónico agresivo, y el valor del pH.

Para un mismo intervalo de valores del residuo (150 a 50 mg/l) el grado de agresividad se incrementa al aumentar la cantidad de carbónico agresivo y disminuir la de CaO, lo que se traduce en un descenso del pH.

Agresividad del agua debida a las sustancias disueltas. TGL 11 357

AGRESIVIDAD DEL AGUA		A				B							C		
		ACCION PRINCIPAL: HIDROLISIS DE LOS COMPUESTOS CALCICOS DEL HORMIGON Y DESLAVADO.				ACCION PRINCIPAL: CAMBIOS QUIMICOS ACCION SECUNDARIA: DESLAVADO							ACCION PRINCIPAL: REACCIONES QUIMICAS Y FISURAS ACCION SECUNDARIA: DESLAVADO CON FORMACION DE:		
		RESIDUO DE LA EVAPORACION				ACCION ACIDA CAMBIO IONICO			CAMBIO IONICO ACCION ACIDA				ETTRINGITA Y YESO	Y YESO ETTRINGITA	YESO Mg(OH) ₂ SALES AMONICAS
		RESIDUO DE EVAPORACION DE AGUA FILTRADA (mg/l)	PRESENCIA SIMULTANEA DE CARBONICO AGRESIVO Y pH		CONTENIDO DE CaO (mg/l)	pH	AGRESION DEL CARBONICO A LA CAL CO ₂ AGRESIVO		Mg ⁺⁺ mg/l MAGNESIO	AMONIO NH ₄ ⁺ mg/l		SULFUROS S ⁼ (mg/l)	(mg/l) SULFATOS SO ₄ ²⁻ ACOMPAÑADOS DE:		
CO ₂ (mg/l)	pH		CO ₂ AGRESIVO (mg/l)	DUREZA DE CARBONATOS GRADO ALEMANES			PARA NO ₃ ⁻ ≤ 150 mg/l	PARA NO ₃ ⁻ ≥ 150 mg/l		Mg ⁺⁺ < 100 mg/l NH ₄ ⁺ < 100 mg/l	Mg ²⁺ ≥ 100 mg/l HN ₄ ⁺ ≥ 100 mg/l		Cl ⁻ < 1000 mg/l	Cl ⁻ ≥ 1000 mg/l	
I	NULA	> 150	-	-	> 100	> 6	< 10	> 2'0	< 100	< 100	< 50	< 1	< 200	< 250	< 100
II	DEBILMENTE AGRESIVA	150 a 50	0 a 5	≥ 6	100 a 50	6'0 a 5'5	< 10	0'2 a 2'0	100 a 150	100 a 150	50 a 100	1 a 10	200 a 350	250 a 400	100 a 200
							10 a 40	> 2'0							
III	AGRESIVIDAD MEDIA	150 a 50	> 5	< 6	< 50	5'5 a 5'0	< 10	< 0'2	150 a 250	150 a 250	100 a 150	> 10	350 a 600	400 a 700	200 a 350
							10 a 40	0'2 a 2'0							
							40 a 90	> 2'0							
IV	FUERTE AGRESIVIDAD	< 50	0 a 5	> 5'5	-	5'0 a 4'0	10 a 40	< 0'2	250 a 500	250 a 500	150 a 250	-	600 a 1200	700 a 1500	350 a 600
							40 a 90	> 2'0							
							> 90	SEA CUALQUIERA LA DUREZA							
V	MUY FUERTE AGRESIVIDAD	< 50	> 5	< 5'5	-	4'0 a 3'0	-	-	> 500	> 500	> 250	-	> 1200	> 1500	> 600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Las aguas muy puras y ácidas por su contenido de carbónico, que todo él es agresivo, quedan calificadas con el grado máximo: V) Muy fuerte agresividad.

La Sección B es aplicable a las aguas que contienen menos de 100 mg/l de anión SO_4^{2-} , pero ejercen su acción agresiva por su acidez carbónica, o por su contenido de iones Mg^{2+} o NH_4^+ y aniones NO_3^- y/o S^{2-} . Si predomina el carbónico agresivo, el grado de nocividad depende de él, conjugándose con la dureza de carbonatos, es decir, del contenido en ion Ca^{2+} desde 14 a 1,4 mg/l.

Si el efecto agresivo principal es un cambio iónico más que una acción ácida, son las cantidades de ion Mg^{2+} o de ion NH_4^+ y las de anión NO_3^- o S^{2-} las que califican el agua.

En cuanto al ion Mg^{2+} se refiere, es notable que esta norma está en cierta contradicción con las de Rumania y Rusia, pues en estas últimas sólo se considera perjudicial la presencia de Mg^{2+} , magnesio si supera los 1.000 mg/l.

El anión sulfuro que se considera en esta norma no corresponde a sulfuros alcalinos ni alcalino-térreos que producirían un pH mayor que 7.

La sección C se aplica a las aguas que contienen sulfatos y cloruros, ya sean alcalinos o también alcalino-térreos, es decir, con la presencia de iones magnesio Mg^{2+} y/o amonio NH_4^+ .

Es de notar que la presencia de ion Cl^- en cantidades mayores de 1.000 mg/l atenúa el efecto del anión SO_4^{2-} .

Es lástima que en el cuadro no se recoja la pequeña cuantía del límite superior, pues en otras normas la fuerte y muy fuerte agresividad se sitúa en mayores concentraciones. También es de notar que en dicho cuadro no se recoja la influencia de los sulfatos alcalinos distintos del amonio.

La correcta utilización del cuadro calificador es el objeto del apartado cuarto. Se denomina "agresividad activa" a la resultante de corregir los grados deducidos del cuadro aplicándoles coeficientes que dependen de las circunstancias propias de cada caso, como, por ejemplo, si el agua es fluyente o estática, si existe presión hidráulica unilateral y otros.

El apartado quinto comprende la elección y calidad de los materiales; la preparación o elaboración del hormigón; la calidad y protección sumaria del hormigón para cada grado de agresividad y normativa de los tubos de hormigón.

Por último, en el apartado sexto se describen las precauciones y métodos que deberán seguirse para la toma de muestras.

Esta norma incluye dos referencias bibliográficas.

DIGEST 90. BUILDING RESEARCH STATION

El "Digest 90" se refiere a los factores responsables del ataque por los sulfatos sufridos por el hormigón situado por debajo del nivel del suelo; esto es, se refiere a cimentaciones y expone las recomendaciones, sancionadas por la investigación y la experiencia, que pueden evitar o disminuir el ataque.

Resume los factores agresivos en tres grupos: Cantidad y naturaleza de los sulfatos presentes. Nivel freático y sus variaciones estacionales, tipo, cualidades y forma de elaborar el hormigón. Acentúa, con gran énfasis, que "sólo el hormigón completamente com-

pactado y de baja permeabilidad” puede o debe usarse cuando no ha podido evitarse el contacto entre el hormigón y las fases líquidas portadoras de sulfatos.

Señala la situación de las zonas sulfáticas, en el Reino Unido, y advierte las posibilidades de ataque, según el carácter fluyente del agua, así como las variaciones estacionales de nivel.

En los elementos de construcción resalta la diferencia que el ataque presenta cuando se trata de estructuras delgadas, como los pilotes, en los cuales distingue entre los prefabricados y los vertidos, estos últimos menos durables debido a las dificultades de vigilar la compactación.

Destaca las peculiares condiciones de otras construcciones tales como cimentaciones, muros de embalse y otros, sujetos a presiones unilaterales del agua; por último, los tubos expuestos a un ataque más fuerte por tratarse de paredes delgadas, si bien construidas con mayor cuidado y con el cemento más apropiado.

En cuanto a tipos y calidades del hormigón establece que ante los sulfatos se requiere superar un *mínimo* contenido de cemento, y no sobrepasar de un máximo valor de la relación agua/cemento según la severidad del ataque y el tipo de cemento usado. Es necesario usar un hormigón de baja permeabilidad y perfectamente compactado.

No son recomendables los aditivos que contienen cloruro cálcico. Para el cemento aluminoso deberá consultarse al fabricante.

Como tipos de cementos menciona este “Digest”.

- *Cemento portland*: Sólo utilizable el que posee menos de 3,5 de aluminato tricálcico, denominado “cemento portland resistente a los sulfatos”.
- *Cemento sobresulfatado*: De resistencia a las concentraciones usuales de sulfato, del mismo orden que el portland sulfatorresistente. En medios algo ácidos tiene una duración aceptable. En disoluciones fuertes de sulfato magnésico (más del 3,5 % de SO_3) pierde más rápidamente la resistencia que el portland resistente a los sulfatos.
- *Cemento portland de alto horno*: La sulfatorresistencia aumenta con el incremento del contenido de escorias.
- *Cementos puzolánicos*: La inclusión de puzolanas incrementa la resistencia a los sulfatos de los cementos portland. En el Reino Unido se utilizan como tales las cenizas volantes.
- *Cemento aluminoso*: Normalizado con la designación BS 915:1947, resiste a las altas concentraciones de sulfatos. Hay que observar las detalladas advertencias contenidas en CP 116:1965.

TABLA DE CALIFICACIONES

Campo de aplicación: Es aplicable al hormigón situado en aguas casi neutras, con pH 6 a 9 que contengan sulfatos pero no estén contaminadas con sales amónicas.

Tabla: Aparece dividida en dos columnas principales: La primera se subdivide en otras cuatro y contiene las clases o grados de agresividad; la cantidad de sulfatos contenidos en el suelo, en su totalidad extraídos con ácido clorhídrico diluido y caliente, y expresado en partes por ciento de SO_3 ; la cantidad de sulfatos contenidos en un extracto acuoso

1:1 del suelo, expresado en gramos por litro, y la cantidad de sulfatos contenida en el agua subterránea, expresado como SO_3 en partes por 100.000. La otra columna contiene, para cada clase de agresividad, recomendaciones relativas a los tipos de cemento; dosificación del hormigón, y especiales medidas en caso necesario para usarlas en hormigón denso y totalmente compactado. Se indica que los áridos deben cumplir las normas BS 882 y BS 1.047.

Los cementos que en este "Digest" se mencionan o recomiendan para las concentraciones peligrosas (a partir del 0,2 % en el suelo o 300 partes por millón en el agua) son: el portland con 3 % de C_3A , el sobresulfatado y el aluminoso.

Indica el cuadro, en notas marginales, que los valores deben considerarse como mínimos y que es necesario, cuando las condiciones son severas y en hormigones sujetos a presión unilateral o semi-sumergidos, reducir la relación agua/cemento e incluso incrementar el contenido de cemento para asegurar la docilidad que permita una total compactación y, así, una permeabilidad mínima.

Finalizan estas recomendaciones con unas juiciosas advertencias para la interpretación de los resultados obtenidos con el análisis químico. Estos se califican como auxiliares para que el ingeniero decida las precauciones necesarias.

Si la calificación se basa únicamente en el análisis de las aguas no superficiales, se deberá referir a la concentración más alta de las obtenidas. Si la calificación se basa en el análisis de un pequeño número de muestras del terreno y los resultados difieren mucho entre sí, se deberán utilizar entretanto se disponen nuevos análisis.

Cuando se dispone de un gran número de resultados, se aconseja utilizar para calificación el valor medio obtenido con el 20 % de los valores más altos. Si las muestras del terreno se mezclan antes de realizar el análisis, se deberá aplicar un criterio más severo y deducir el valor medio del 10 % de los valores más altos.

La frecuencia de las consultas recibidas en el I.E.T.c.c. aconsejó realizar, dentro de los límites de tiempo disponible, un compendio de los valores y calificaciones que en las diversas normas consideradas como representativas aparecen para aguas que contienen los aniones sulfato SO_4^{2-} y cloro Cl^- y entregarles los cuadros resultantes que figuran en los documentos (págs. 7 a 12).

Ante la cantidad de datos y calificaciones es deseable conocer, al menos, para cada calificación cuál es la coincidencia en las normas.

Examinemos lo que nos ofrecen las relativas a hormigón no sujeto a presión hidráulica.

Calificación de "DEBIL" agresividad: Aparece 52 veces.

Coinciden en los valores:

4 Normas, 6 veces; corresponde a 18 % del total.

3 Normas 1 vez; no coinciden.

2 Normas, 9 veces; corresponde al 25 %.

1 sola Norma la menciona 10 veces; corresponde al 19 %.

Calificación de “MEDIA” agresividad: Aparece 47 veces.

Coinciden en los valores:

- 4 Normas, ninguna vez.
- 3 Normas, 1 vez; corresponde al 0,2 %.
- 2 Normas, 16 veces; corresponde al 68 %.
- 1 sola Norma, 12 veces; corresponde al 2,5 %.

Calificación de “FUERTE” agresividad: Aparece 96 veces.

Coinciden en los valores:

- 4 Normas, 9 veces; corresponde al 37 %.
- 3 Normas, 2 veces; corresponde al 6,2 %.
- 2 Normas, 27 veces; corresponde al 56 %.
- 1 sola Norma, ninguna vez.

Calificación de “MUY FUERTE” agresividad: Aparece 61 veces.

Coinciden en los valores:

- 4 Normas, ninguna vez.
- 3 Normas, 12 veces; corresponde al 59 %.
- 2 Normas, 11 veces; corresponde al 26 %.
- 1 sola Norma, 3 veces; corresponde al 8 %.

HORMIGON SUJETO A PRESION HIDRAULICA

Calificación de “DEBIL” agresividad: Aparece en 77 valores.

Coinciden en los valores:

- 4 Normas, 11 veces; corresponde al 57 %.
- 3 Normas, 3 veces; corresponde al 11 %.
- 2 Normas, 8 veces; corresponde al 21 %.
- 1 sola Norma la menciona 8 veces; corresponde al 10,5 %.

Calificación de “MEDIA” agresividad: Aparece en 38 valores.

Coinciden en los valores:

- 4 Normas, ninguna vez.
- 3 Normas, 9 veces; corresponde al 71 %.
- 2 Normas, 5 veces; corresponde al 25 %.
- 1 sola Norma la menciona 1 vez; corresponde al 3 %.

Calificación de “FUERTE” agresividad: Aparece en 56 valores.

Coinciden en los valores:

- 4 Normas, ninguna vez.
- 3 Normas, 5 veces; corresponde al 27 %.
- 2 Normas, 20 veces; corresponde al 71 %.
- 1 sola Norma, 1 sola vez; corresponde al 2 %.

Calificación de “MUY FUERTE” agresividad: Aparece en 44 valores.

Coinciden en los valores:

- 4 Normas, 6 veces; corresponde al 55 %.
- 3 Normas, 2 veces; corresponde al 13 %.
- 2 Normas, 7 veces; corresponde al 3 %.
- 1 sola Norma, ninguna vez.

METODOS DE ENSAYO

Se pueden clasificar en modos de apreciar la resistencia química de los cementos y métodos para juzgar la agresividad de los ambientes.

Tanto unos como los otros deben cumplir unas condiciones mínimas.

- *Veracidad* o representatividad, para ello el proceso debe ser igual o muy poco diferente al que ocurre en la realidad. No siempre es fácil lograrlo, y entonces es obligado realizar un estudio experimental que permita establecer el coeficiente de paso o correspondencia entre el método y la realidad.
- *Reproducibilidad*. Es condición límite o ideal, pero no puede eliminarse la necesidad de conocer, con la certeza que se pueda, si es posible y hasta dónde se pueden obtener resultados concordantes al repetir el ensayo conservando la máxima identidad posible en las condiciones operativas. Como mínimo es necesario averiguar los límites de variación.
- *Sencillez*. Conviene reducir, en lo posible, las variables para facilitar la deducción, lógicamente correcta, de conclusiones.
- *Celeridad*. No es tan imprescindible como las anteriores; muchas veces están en pugna la veracidad y la rapidez. Cuando se cree conseguida, se impone la máxima severidad al interpretar los resultados.

Oldrich Valenta (Simposio Internacional de Tokio) al definir así las condiciones exigibles a los métodos, distingue los que denomina “científicos”, basados en el conocimiento más completo y reciente de los procesos que el método abarca; de los llamados por él “técnicos” o pragmáticos que, partiendo de algunas hipótesis de trabajo, se desarrollan con un espíritu menos exigente y acentuando el carácter de orientativos; útiles especialmente para fines comparativos.

En el segundo Coloquio sobre durabilidad, celebrado en 1969, en Praga, fueron varios los trabajos que, en forma más o menos explícita, trataron de sistematizar y examinar, con ánimo calificativo, los numerosos métodos existentes.

También al tratar de este aspecto, la ponencia debe restringirse a una sencilla información, y ello por dos razones: de una parte, la limitación de tiempo ya aludida, y por otra, la feliz circunstancia de que las comunicaciones presentadas ofrecen unas interesantes noticias acerca de los procesos y de la elección de valores que se deben considerar como índices o elementos de juicio.

Más adelante se reproduce la clasificación elaborada por Nadu, presentada en Praga; hemos incluido en cada grupo los métodos existentes que responden al concepto discriminatorio, indicamos la bibliografía original y el parámetro que utilizan como elemento de juicio.

En el cuadro de Nadu se utilizan parámetros físicos en el 40 % de los métodos, incluyendo en éstos las variaciones de dimensión y las resistencias mecánicas; de éstas debe mencionarse que, para Hans Kühn, un criterio muy útil es la evolución, a lo largo del tiempo, de la relación entre las resistencias a flexotracción y a compresión.

Un inciso que creo encierra interés para todos es que en el I.E.T.c.c. hace años se inició el estudio de las resistencias a tracción pura ejercida por la fuerza centrífuga desarrollada al hacer girar la probeta. Este método fue ideado por M. Berthier, entonces perteneciente al CERILH. Hoy día podemos ofrecerles la realización del ensayo en la máquina ya industrializada de Berthier. Tiene interés el modo operatorio, pues permite aplicarlo a las probetas tal como se encuentran en el medio agresivo, sin necesidad de refrentarlas o de someterlas a las erosiones locales producidas por bridas.

Volviendo al cuadro de métodos, utilizan criterios químicos aproximadamente el 45 %, y se puede decir que la casi totalidad aplica criterios visuales con escalas convencionales de erosiones.

Es inevitable abordar la cuestión de cuáles serán los métodos más dignos de crédito. Para examinar esta cuestión es necesario convenir en algunas premisas:

- 1.^a Los métodos no dan valores absolutos; lo más que puede pedírseles es que permitan establecer una escala de resistencias, si se trata de ensayar los componentes del hormigón o su comparación, o si se persigue establecer, para un hormigón dado, la peligrosidad de varios ambientes.

Esto no significa una desvaloración de los métodos, pues prácticamente es el criterio seguido en los Pliegos de Condiciones de los conglomerantes; se compran, generalmente, resistencias y éstas se miden en un mortero que jamás se usa a escala real.

- 2.^a Por regla general no pueden establecerse extrapolaciones cuando se examinan agresivos, aunque éstos pertenezcan a grupos muy semejantes; es el caso de los sulfatos, tan diferentes en su modo de actuar como son el de calcio respecto al de sodio y no digamos el de magnesio.

Además de la clasificación comentada, los métodos pueden ser también acelerados. Precisamente esta condición es el principal deseo de cuantos trataron de hallar nuevos procedimientos. Debemos tener en cuenta que para imprimir velocidad a un método de ensayo no es conveniente utilizar la elevación de temperatura o de presión, pues frecuentemente el conjunto de acciones físicas y químicas no varía linealmente con el incremento

de energía y es muy posible la aparición de reacciones, equilibrios, e incluso componentes de sistemas, totalmente distintos de los que ocurren cuando no se incrementaron esas variables. Quizás la más inofensiva manera de acelerar un ataque sea la de incrementar la superficie de contacto entre las fases de estos sistemas casi siempre heterogéneos.

Los ensayos “a escala real” parecen muy convincentes; nada hay en ellos modificado y sus resultados parecen aplicables siempre que se planteen iguales circunstancias. Pero precisamente, es esta última condición la que es imposible o muy difícil de reproducir; generalmente el ensayo real es muy lento, y a lo largo de su extenso plazo hay muchas variables difícilmente reproducibles y, muchas veces, no conocidas.

¿Qué hacer entonces? Pues precisamente son estas Jornadas un paso definitivo para la solución. Solamente un conjunto de experiencias, analizadas por expertos, codificadas y sometidas a estudios estadísticos, permitirá elaborar “códigos de buena práctica”, seleccionar métodos indicativos y establecer relaciones cada vez más ciertas entre lo “calculado” y la realidad. Por ello me permito rogar en primer lugar a quien nos preside, y además a todos ustedes, que formemos unos grupos de trabajo repartiéndonos las tareas para en sucesivos encuentros, y siempre mediante la correspondencia, ir reuniendo resultados, confrontando hipótesis y elaborando conclusiones.

Mucho me complacería exponerles en detalle los métodos que imperfectamente o por referencias conozco, pero la inexorable marcha del tiempo sólo me permite ofrecerme, con la venia de mis Superiores, para contestar en la medida de mis posibilidades las consultas que crean ustedes necesarias.