

LA RESISTENCIA MECANICA A COMPRESION COMO PARAMETRO PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA ARENA NORMALIZADA (2.ª PARTE)*

(MECHANICAL RESISTANCE TO THE COMPRESSION AS PARAMETER FOR THE CONTROL AND POSTERIOR PROSECUTION OF THE NORMALIZED SAND. PART 2)

Gregorio Tabera Seco, Ingeniero Técnico Industrial
IETcc/CSIC

655-5

RESUMEN

En este trabajo se especifica el procedimiento seguido para el control continuo de la calidad de la "arena normalizada", empleada en los ensayos mecánicos de resistencia de los morteros de cemento.

Con esta finalidad se exponen las diferentes medidas tomadas para el control de los aparatos y utensilios empleados, cuyo objeto es conseguir una homogeneización en la confección y resultados de los ensayos que permitan realizar estudios comparativos fiables con la "arena de referencia".

Al final del trabajo se insertan, para su estudio comparativo, hojas de resultados obtenidos por el Instituto con "arenas normalizadas", fabricadas en la Planta de Preparación de Arenas del mismo.

SUMMARY

This work presents, the process for the continue quality control of the "standardized sand", wich is used in the resistance mechanic essays in the cement mortars.

With this finality, are exposed the different measures for the control of the apparatus and instruments that have been used to obtain a homogeneity in the results of the assays, wich allows realize comparative studies that are reliable wich the "reference sand".

At the end of this work is inserted for its comparative study, the results obtained in the Institute with "standardized sand", that has been manufactured at the right place of the Institute.

1. INTRODUCCION

Desde la iniciación de la fabricación del cemento, su control y evaluación, mediante la determinación de sus resistencias mecánicas, fue parámetro fundamental.

Para ello, al utilizar probetas de mortero fue requisito esencial la invariabilidad de sus componentes agua y arena, quedando como parámetro libre el cemento, cuyas cualidades podían, por tanto, ser deducidas de acuerdo con los resultados obtenidos.

Por lo tanto, para poder controlar la calidad del cemento, era imprescindible disponer de una "arena normalizada", común para todos los ensayos tanto en las fábricas de cemento como en los laboratorios de control.

Las vicisitudes y circunstancias por las que atraviesa la "arena normalizada" hasta 1956,

año en que se le encargó al entonces Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, como Organismo Oficial, la elaboración y suministro de "arenas normalizadas", están reflejadas por M. Chinchilla en la 1.ª Parte de este trabajo.

El control de las características químicas, físicas y mecánicas de la "arena normalizada", exigidas en las especificaciones, lo efectúa el Instituto desde el comienzo de su producción.

Durante varios años, el Instituto colabora con el CERILH (Centro de Estudios e Investigación de la Industria del Cemento), participando en los "Ensayos Interlaboratorios", que este Organismo Internacional organiza todos los años entre más de 140 laboratorios de 25 países de todo el Mundo. Por estos intercambios de contraste, entre otros, el Instituto ha podido evaluar la calidad de la "arena normalizada" que

* La 1.ª Parte de este trabajo, "Arenas normalizadas españolas. Su preparación", se ha publicado en el n.º 394 de esta Revista.

fabricaba, en relación con las normalizadas en estos países y, particularmente, con la AFNOR francesa y la DIN alemana.

Desde el año 1960, la "arena normalizada" española se ajusta a lo estipulado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos y, posteriormente en 1975, al Pliego RC-75.

Al aprobarse la Norma UNE 80-101-84 ("Métodos de Ensayo de Cementos" Determinación de la Resistencia Mecánica), norma adaptada a la europea CEN-EN-196-1, la "arena normalizada" sufre una serie de modificaciones, que obliga al Instituto a fabricar una nueva "arena" de acuerdo con lo estipulado en dicha Norma UNE y que, a la vez, pueda en un futuro próximo ser considerada como "arena normalizada CEN", ya que se somete a un control análogo al que el Instituto Eduardo Torroja viene realizando sobre la arena empleada en los cementos, referido exclusivamente al procedimiento operatorio para la determinación de las resistencias mecánicas.

2. CONTROL DEL PROCEDIMIENTO

Teniendo en cuenta que la repetitibilidad de los resultados de los ensayos de resistencia depende de la consecución de unas condiciones idénticas en su ejecución, es necesario verificar periódicamente el calibrado y ajuste de los aparatos, así como el procedimiento operatorio.

La notable importancia de una calidad contrastada ha obligado siempre, a los técnicos del Instituto, ha efectuar un seguimiento continuado de la arena en su Laboratorio de Ensayos Físicos y Mecánicos de Conglomerantes Hidráulicos, mediante el análisis de resultados obtenidos con cementos definidos y la toma de muestras aleatorias de arena producida en la Planta de Preparación, antes de su envío al usuario.

2.1. Aparatos

2.1.1. Amasadora

La amasadora (Fig. 1) debe proporcionar una mezcla homogénea, sin romper los granos de arena, para lo cual todos los meses se comprueba el espacio existente entre la pala y el recipiente. El control del tiempo de amasado, cuando es automático, se efectúa cada 15 días. Anualmente se realiza una comprobación general.



Fig. 1.—Amasadora automática con visor de tiempo digital.

2.1.2. Compactadora

Una buena compactación es esencial si se quieren conseguir resultados homogéneos, por tanto es necesario verificar las partes fundamentales de la compactadora (Fig. 2), como son:

- distancia entre la mesa y el eje de giro;
- altura de la caída libre entre yunque y tope;
- desplazamiento horizontal de la mesa;
- comprobación de que las 60 sacudidas tienen lugar en 60 segundos;
- horizontalidad de la mesa menor de 2 mm de esquina a esquina.

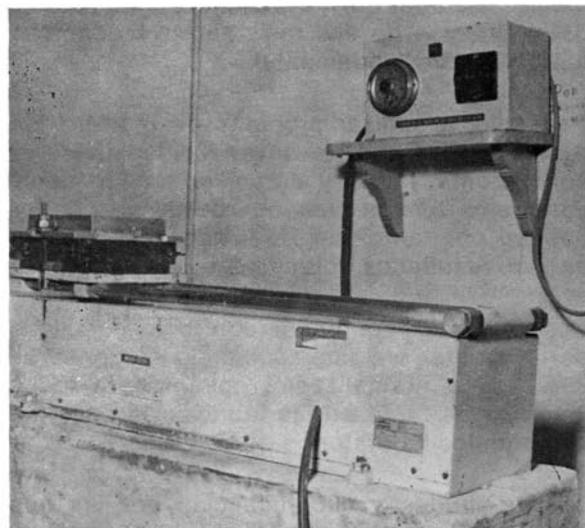


Fig. 2.—Compactadora y contador del número de sacudidas.

Todas estas comprobaciones son efectuadas mensual o trimestralmente, según los casos.

2.1.3. Balanza

Se utiliza una balanza monoplato que tiene una precisión de $\pm 0,1$ g y es revisada, como mínimo, una vez al año.

2.1.4. Moldes

Se emplean moldes de acero resistentes al desgaste y a la corrosión.

Cada tres meses se comprueba su exactitud dimensional e indeformabilidad, mediante galgas e instrumentos apropiados.

Los moldes, antes de ser empleados, son lubricados con una mezcla aceitosa especial que evita se pegue el mortero sobre el acero.

2.2. Máquinas de Ensayo

2.2.1. Flexión

Para el ensayo de rotura a flexión de las probetas se dispone de un péndulo automático, capaz de medir cargas hasta 10 kN con precisión de ± 1 % y una velocidad constante de 50 N/s. Su revisión se hace anualmente.

2.2.3. Compresión

La prensa empleada para el ensayo de compresión (Fig. 3), tiene una capacidad máxima de 20 Mp y dos escalas de 4 Mp y 20 Mp, con dispositivo automático y visor de carga digital.

La prensa se debe revisar, tarar y cambiar de aceite una vez al año como mínimo.

2.3. Materiales

2.3.1. Cemento

El cemento seleccionado para los ensayos de control de la arena se conserva en recipientes metálicos, llenos y herméticamente cerrados hasta su empleo.

El cemento elegido puede ser cualquiera de los tipos existentes en el mercado.

2.3.2. Arenas

2.3.2.a. Arena de referencia

Con objeto de poder verificar comparativamente



Fig. 3.—Prensa automática de 20 Mp, con visor de carga digital.

te el control de calidad de la "arena normalizada", el Instituto ha fabricado expresamente una arena —que se ha designado "arena de referencia" y denominado IET/CEN—, cuyas características son similares a las exigidas en la Norma CEN-EN-196-1 para la "arena normalizada CEN".

2.3.2.b. Arena normalizada

La arena normalizada, que se quiere controlar, se selecciona mediante tomas aleatorias obteniéndose en cada toma 3 muestras, cada una correspondiente a la fracción granulométrica de la arena, premezclada, pesada y envasada en una bolsa de plástico herméticamente cerrada (Fig. 4).



Fig. 4.—Muestras empaquetadas de diferentes arenas normalizadas.

De cada toma se eligen dos bolsas, quedando la otra en reserva para posibles comprobaciones.

2.3.3. Agua

La composición del agua empleada en el amasado del mortero, y en el curado de probetas, es la especificada en el vigente Código Alimentario Español, mantenida a $20^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$.

2.4. Cámara de curado

Para el curado de probetas se dispone de un local, perfectamente acondicionado y controlado, donde están instaladas las balsas de curado y el armario húmedo. El control de la humedad, 95 %, y de la temperatura, $20^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, en el armario se hace mediante dispositivo automático con registrador (Fig. 5). La cámara de curado dispone, para su control de climatización, de un sicómetro, cuyos valores se comprueban diariamente con el fin de mantener una temperatura de $20^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ y una humedad superior al 50 %.

Las balsas de curado (Fig. 6) se controlan diariamente manteniendo el agua a $20^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$; el cambio parcial del agua se efectúa cada tres meses.

Las probetas, una vez desmoldadas y marcadas, se sumergen inmediatamente en el agua

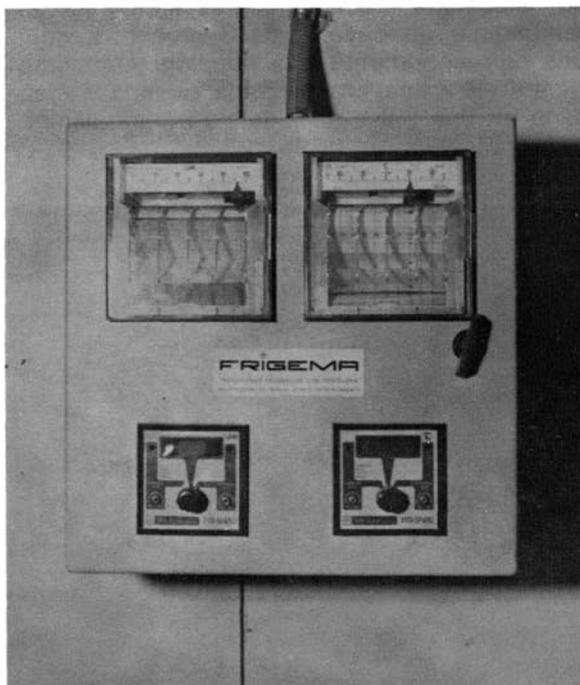


Fig. 5.—Dispositivo automático para el control de humedad y temperatura en la cámara de curado.

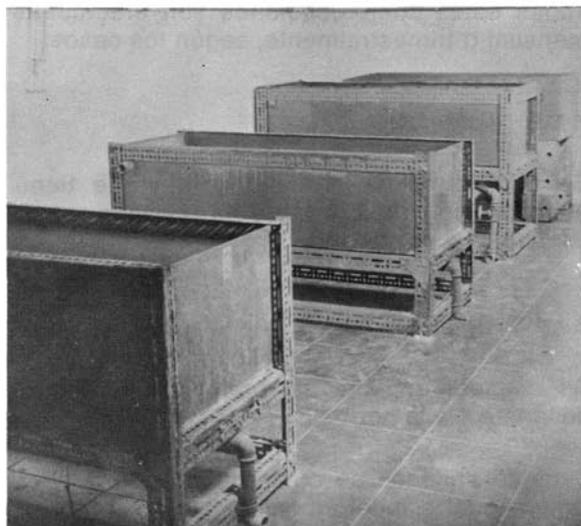


Fig. 6.—Balsas para el curado de probetas.

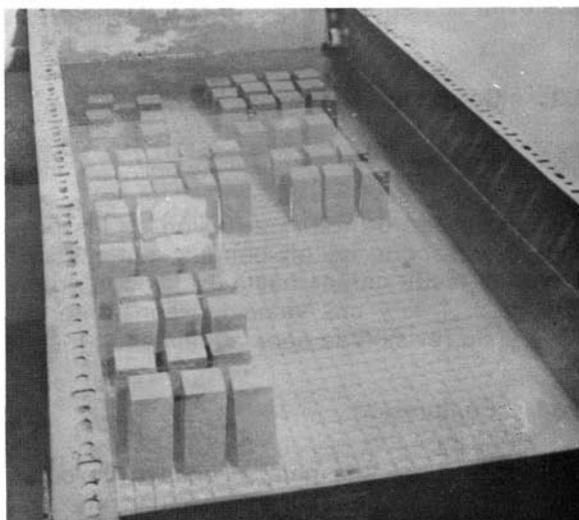


Fig. 7.—Aspecto interior de una balsa de curado de probetas.

que contienen las balsas, de tal manera que entre las probetas exista un espacio libre de 5 a 10 mm, quedando a su vez apoyadas en la rejilla del fondo (Fig. 7); de esta forma se consigue que el agua rodee completamente a la probeta.

En cada balsa, y en caso de utilizar diversos tipos de cemento, sólo se introducen probetas que pertenezcan al mismo tipo.

3. PROCEDIMIENTO OPERATORIO

Antes de iniciar las operaciones de control, de una "arena normalizada", se comprueban sus características químicas y físicas, las cuales deberán cumplir con las exigencias mínimas especificadas en la Norma correspondiente.

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

Una vez hecha la comprobación, se elige el tipo de cemento y se toman las muestras necesarias de arena, de acuerdo con lo señalado en los apartados 2.3.1. y 2.3.2.

Con el cemento y la arena elegidos se preparan, mensualmente, ocho amasadas de mortero para la "arena de referencia", y otras tantas para la "arena normalizada" que se controla. Dichas amasadas son realizadas de conformidad con las normas correspondientes a los distintos tipos de arena.

Los ensayos de resistencia a compresión, para cada tipo de arena, se hacen por duplicado a las edades de 1, 3, 7 y 28 días.

3.1. Compactación y moldeo

Los moldes, una vez aceitados y colocadas las marcas de identificación, se sitúan en la compactadora (Fig. 8), rellenándose en dos veces, dando en cada una de ellas 60 golpes. Inmediatamente se retira el molde de la compactadora, se elimina el exceso de mortero y se alisa la superficie por medio de una regla metálica. A continuación, el molde se traslada al armario de curado, cubriéndolo con una placa de plástico de 10 mm de espesor (Fig. 8), con objeto de evitar pérdidas por evaporación.

3.2. Desmoldeo

El desmoldeo se realiza a las 24 horas de haber efectuado la amasada, poniendo una marca, en cada una de las probetas, de la manera siguiente:

Las de un día con las letras A, B y C, teniendo en cuenta que la letra A corresponde a la probeta situada en la parte exterior del molde en el momento de la compactación.

Las probetas correspondientes a las edades de 3, 7 y 28 días se encuentran situadas en distintos lugares dentro de cada uno de los moldes A, B, C (Fig. 8), de acuerdo con el esquema abajo indicado.

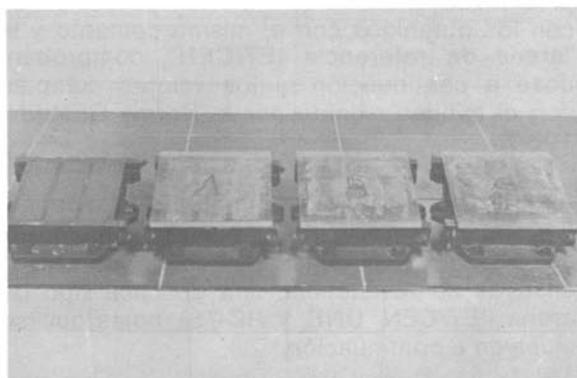


Fig. 8.—Probetas en sus moldes de acero para ser introducidas en la cámara de curado.

Fotos: J. J. López del Amor. IETcc/CSIC.

Con este sistema se pretende conocer, si la compactación es homogénea, evitar las posibles diferencias de compactación y, al mismo tiempo, con sólo mirar la hoja de resultados podemos conocer el lugar que había ocupado la probeta en el molde, puesto que la señalada con el 1 pertenece siempre a la situación en la parte exterior del molde, cuando éste se encuentra colocado en la compactadora.

Desmoldadas las probetas se pesan y, a las 24 horas, se ensayan inmediatamente; el resto se introducen adecuadamente en la balsa de curado, hasta que cumplen la fecha de rotura.

3.3. Ensayos

Una vez las probetas hayan cumplido la edad, se determinan las resistencias a flexotracción y compresión.

Los resultados obtenidos, así como la granulometría de arena, tipo de cemento y Norma empleada, figuran en las hojas de resultados, que a tal efecto tiene el Instituto.

4. RESULTADOS

Efectuados los ensayos de resistencia a com-

ESQUEMA

A-3	28 días	B-3	7 días	C-3	3 días
A-2	7 días	B-2	3 días	C-2	28 días
A-1	3 días	B-1	28 días	C-1	7 días
Molde A		Molde B		Molde C	

presión de la arena a controlar, se comparan con los obtenidos con el mismo cemento y la "arena de referencia IET/CEN", comprobándose a continuación si los valores cumplen con el mínimo exigido por la Norma CEN-EN-196-1.

A título de ejemplo se han entresacado del Libro de Control y Seguimiento de la Arena del Instituto tres tablas de resultados de los ensayos de resistencia, una de cada tipo de arena (IET/CEN, UNE, y RC-75), hojas que se incluyen a continuación.

Si examinamos las tablas de resultados podemos observar que los valores medios de resistencia a compresión, a las distintas edades de las arenas españolas UNE y RC-75, difieren menos del 5 % en relación con la "arena de referencia IET/CEN".

Instituto Eduardo Torroja
Control de calidad

hoja nº 133

ARENA : UNE - Fabricada: Julio-1987

Procedimiento operatorio : UNE-80.101

Granulometría	
Mallas mm	Retenido Acumulado g
2,00	0
1,60	60
1,00	493
0,50	877
0,16	1240
0,08	1318

Cemento : P-450-ARI

RESISTENCIAS MECANICAS - FECHA DE MOLDEO 14/9/1987								
ROTURA	EDAD	DENOMINACION	PESO g	FLEJO - TRACCION N/mm ²	COMPRESION			MEDIA N/mm ²
					LECTURA PRENSA kp	UNITARIA N/mm ²		
24 horas		UNE-A	570.4	4.2	3.180	3.140	20.15	
		UNE-B	575.5	4.5	3.120	3.200	19.85	
		UNE-C	567.4	4.7	3.180	3.200	20.25	
		MEDIA		4.5				
3 dias		UNE-A1	567.4	6.8	5.620	5.560	35.80	
		UNE-B2	570.1	6.4	5.300	5.260	33.80	
		UNE-C3	570.8	6.6	5.580	5.460	35.60	
		MEDIA		6.6				
7 dias		UNE-A2	567.1	7.2	6.380	6.400	40.70	
		UNE-B3	567.6	7.6	6.030	6.140	38.40	
		UNE-C1	574.3	6.9	6.280	6.160	40.05	
		MEDIA		7.2				
28 dias		UNE-A3	569.7	8.6	7.480	7.540	47.70	
		UNE-B1	567.8	8.2	7.560	7.580	48.20	
		UNE-C2	575.0	8.8	7.520	7.600	47.90	
		MEDIA		8.5				
OBSERVACIONES								

Instituto Eduardo Torroja
Control de calidad

hoja nº 132

ARENA : IET/CEN - Fabricada: Septiembre-1987

Procedimiento operatorio : Norma - CEN-EN 196-1

Granulometría	
Mallas mm	Retenido Acumulado g
2,00	0
1,60	45
1,00	490
0,50	885
0,16	1230
0,08	1318

Cemento : P-450-ARI

RESISTENCIAS MECANICAS - FECHA DE MOLDEO 8/9/1987								
ROTURA	EDAD	DENOMINACION	PESO g	FLEJO - TRACCION N/mm ²	COMPRESION			MEDIA N/mm ²
					LECTURA PRENSA kp	UNITARIA N/mm ²		
24 horas		CEN-A	570.8	5.1	3.180	3.170	20.25	
		CEN-B	572.0	4.6	3.290	3.140	21.00	
		CEN-C	573.0	4.9	3.300	3.410	21.05	
		MEDIA		4.8				
3 dias		CEN-A1	575.8	6.0	5.140	5.320	32.75	
		CEN-B2	570.7	6.3	5.240	5.260	33.40	
		CEN-C3	576.4	6.4	5.320	5.420	32.75	
		MEDIA		6.2				
7 dias		CEN-A2	572.0	7.4	5.560	5.980	35.45	
		CEN-B3	573.1	6.9	6.280	6.380	40.00	
		CEN-C1	573.1	7.5	6.160	6.380	39.40	
		MEDIA		7.2				
28 dias		CEN-A3	571.5	8.7	7.500	7.380	47.80	
		CEN-B1	575.2	7.9	7.380	7.680	47.05	
		CEN-C2	576.8	8.6	7.640	7.500	48.70	
		MEDIA		8.4				
OBSERVACIONES								

Instituto Eduardo Torroja
Control de calidad

hoja nº 134

ARENA : RC-75 - Fabricada: Septiembre-1987

Procedimiento operatorio : Pliego - RC-75

Granulometría	
Mallas mm	Retenido Acumulado g
2,00	0
1,60	140
1,00	380
0,50	940
0,16	1305
0,08	1422

Cemento : P-450-ARI

RESISTENCIAS MECANICAS - FECHA DE MOLDEO 15/9/1987								
ROTURA	EDAD	DENOMINACION	PESO g	FLEJO - TRACCION N/mm ²	COMPRESION			MEDIA N/mm ²
					LECTURA PRENSA kp	UNITARIA N/mm ²		
24 horas		RC-75-A	578.6	4.7	3.220	3.200	20.50	
		RC-75-B	577.0	4.6	3.340	3.400	21.30	
		RC-75-C	578.4	4.8	3.420	3.380	21.80	
		MEDIA		4.7				
3 dias		RC-75-A1	580.1	6.2	5.200	5.400	33.15	
		RC-75-B2	578.2	6.4	5.320	5.300	33.90	
		RC-75-C3	579.6	6.2	5.280	5.360	33.65	
		MEDIA		6.3				
7 dias		RC-75-A2	577.5	7.3	5.800	6.180	37.00	
		RC-75-B3	579.4	7.5	6.100	6.220	38.90	
		RC-75-C1	578.8	7.4	6.380	6.340	40.55	
		MEDIA		7.4				
28 dias		RC-75-A3	575.7	8.4	7.600	7.650	48.45	
		RC-75-B1	578.0	8.7	7.540	7.540	48.05	
		RC-75-C2	577.5	8.5	7.700	7.640	49.10	
		MEDIA		8.5				
OBSERVACIONES								

Nota de la Redacción

La Dirección General de Investigación Científica y Técnica de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, ha convocado "Ayudas para el Intercambio de Personal Investigador entre Industrias y Organismos Públicos de Investigación".

La actividad del Sector Industrial y de la Investigación, a la que preferentemente va dirigida esta Revista, hace especialmente interesante "la potenciación del trasvase de conocimiento, métodos y técnicas que permitan acciones de innovación susceptibles de derivar a un mayor desarrollo tecnológico", como se enuncia en el objeto de las ayudas convocadas.

Estas ayudas son para cada una de las siguientes modalidades:

- a) Estancias de investigadores altamente cualificados de universidades y otros organismos públicos o privados de investigación en unidades de investigación y desarrollo de empresas.
- b) Contratación de jóvenes doctores para las unidades de investigación y desarrollo de empresas.
- c) Estancias de técnicos superiores cualificados de empresas en grupos de investigación de universidades u otros organismos públicos o privados de investigación.

La dotación de esas ayudas son las siguientes:

Los beneficiarios de la modalidad a) percibirán una dotación mensual idéntica a la cantidad que eventualmente les retenga la institución a la que pertenezcan durante el tiempo de concesión de la ayuda, más un suplemento de hasta un máximo de 100.000 pts. anuales.

El personal beneficiario de la modalidad b) recibirá una dotación mensual de 150.000 pts.

Los beneficiarios de la modalidad c) recibirán una subvención igual al 50 por ciento del salario que perciban en la empresa a la que pertenezcan, hasta la cantidad máxima de 150.000 pesetas mensuales.

Uno de los requisitos necesarios es que el candidato sea de nacionalidad española.

La convocatoria está abierta todo el año y el período de disfrute estará comprendido entre enero de 1988 y agosto de 1989.

Una información más amplia sobre el tema se podrá solicitar de la *Dirección General de Investigación Científica y Técnica, calle de Serrano 150, 4.ª planta. 28006 MADRID.*