

Secretario de Gobernación
Dr. Jorge Carpizo

**Subsecretaria de Protección Civil, Prevención
y Readaptación Social**
Lic. Socorro Díaz

Director General del CENAPRED
Arq. Vicente Pérez Carabias

Jefe del Equipo Japonés en el CENAPRED
Dr Tatsuo Murota

Coordinador de Investigación del CENAPRED
Dr. Roberto Meli

Coordinador de Difusión del CENAPRED
Lic. Ricardo Cícero Betancourt

**PUBLICADO POR EL CENTRO NACIONAL DE PREVENCION
DE DESASTRES DE LA SECRETARIA DE GOBERNACION**

Distribución en México: Coordinación de Enlace
Nacional

Distribución en el Exterior: Coordinación de Asuntos
Internacionales

**EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS
AUTORES**

Agosto - 1994, No. 7

Sistema Nacional de Protección Civil

DIRECTORIO DEL CENAPRED

DIRECCION GENERAL Arq. Vicente Pérez Carabias, COORDINACION DE INVESTIGACION Dr. Roberto Meli Piralla,
COORDINACION DE CAPACITACION Lic. Gloria Luz Ortiz Espinel, COORDINACION DE DIFUSION Lic. Ricardo Cicero Belancourt,
COORDINACION DE ENLACE NACIONAL Lic. Alberto Ruiz de la Peña, COORDINACION DE ASUNTOS INTERNACIONALES Lic.
Enrique Solórzano Mier, COORDINACION DE PROGRAMAS Y NORMAS Lic. Federico Miguel Vazquez Juarez, COORDINACION
ADMINISTRATIVA C P Alfonso Macías Flores

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES

PRACTICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION EN EL JAPON

COMENTARIOS SOBRE
LAS NORMAS INDUSTRIALES JAPONESAS
DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA
EL CONCRETO

EDITADOS POR
Motoji Saito
Hideaki Kitajima

TRADUCIDOS POR
Keiko Suzuki

REVISADOS POR
Sergio M. Alcocer

COORDINACION DE INVESTIGACION
AREA DE ENSAYES SISMICOS

CUADERNOS DE INVESTIGACION

Práctica de Diseño y Construcción en el Japón

PRESENTACION

Uno de los objetivos del Convenio de Cooperación Técnica entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres es la difusión en México de tecnologías y metodologías de diseño y construcción de estructuras en el Japón.

Estas prácticas y experiencias son descritas en conferencias o seminarios dictados, o bien mediante la traducción al castellano de los textos originales del japonés, por los expertos japoneses de corto y largo plazo que colaboran en las actividades de investigación del CENAPRED.

Para lograr una difusión más amplia de las tecnologías y metodologías del Japón, el CENAPRED ha emprendido la publicación de esta serie como parte de los Cuadernos de Investigación.

ÍNDICE

	PAGINA
PROLOGO.	
Capítulo 1 Prueba de clasificación por mallas, peso volumétrico, y tasa real volumétrica por forma granular de agregados.	1
Capítulo 2 Prueba de lavado de agregados y prueba de salinidad de agregados finos	13
Capítulo 3 Prueba de desgaste de agregados y prueba de estabilidad de agregados.	21
Capítulo 4 Porcentaje de partículas blandas en el agregado grueso y prueba de valor de trituración	30
Capítulo 5 Prueba del contenido de arcilla en el agregado	39
Capítulo 6 Prueba de impurezas orgánicas en agregados finos y prueba de partículas que flotan en el líquido con 1.95 de peso específico .	44
Capítulo 7 Prueba de reacción alcalina de agregados.	51
 Apéndices: Normas Industriales Japonesas en los agregados para concreto	
(A 1) JIS A 1102-1989 Method of test for sieve analysis of aggregates.	75
(A 2) JIS A 1103-1989 Method of test for amount of material passing standard sieve 75 mm in aggregates.	79
(A 3) JIS A 1104-1976 Method of test for unit weight of aggregate and solid content in aggregate	83
(A 4) JIS A 1105-1976 Method of test for organic impurities in fine aggregate.	87
(A 5) JIS A 1109-1976 Method of test for specific gravity and absorption of fine aggregate	89
(A 6) JIS A 1110-1989 Method of test for specific gravity and absorption of coarse aggregates	93
(A 7) JIS A 1111-1976 Method of test for surface moisture in fine aggregate	97
(A 8) JIS A 1120-1976 Method of test for abrasion of coarse aggregate by use of the Deval machine	101

(A 9)	JIS A 1121-1989 Method of test for abrasion of coarse aggregates by use of the Los Angeles machine	105
(A 10)	JIS A 1122-1989 Method of test for soundness of aggregates by use of sodium sulfate	111
(A 11)	JIS A 1126-1989 Method of test for soft particles in coarse aggregates by use of scratch tester	119
(A 12)	JIS A 1134-1989 Methods of test for bulk specific gravity and absorption of light weight fine aggregates for structural concrete . .	123
(A 13)	JIS A 1135-1989 Methods of test for bulk specific gravity and absorption of light weight coarse aggregates for structural concrete . .	129
(A 14)	JIS A 1137-1989 Method of test for clay contained in aggregates . .	133
(A 15)	JIS A 5002-1978 Light weight aggregates for structural concrete . .	137
(A 16)	JIS A 5005-1987 Crushed stone for concrete	147

**COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS INDUSTRIALES
JAPONESAS DE LA CALIDAD DE AGREGADOS
PARA EL CONCRETO**

Editados por:

Motoji Saito y Hideaki Kitajima

Asesores Japoneses del Proyecto de Prevención de Desastres Sísmicos

Traducidos del Japonés al Español por Keiko Suzuki

PROLOGO

Al ejecutar una obra de construcción de concreto reforzado, el director responsable de la obra debe controlar las propiedades del concreto, de manera que éstas cumplan con las especificaciones del diseño. El concreto es una mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos; de estos elementos, los agregados son un factor muy importante que influye grandemente en la resistencia y la durabilidad del concreto. Por lo tanto, para controlar la calidad del concreto, es necesario realizar un adecuado control de calidad de los agregados mediante pruebas. En Japón, los métodos para estas pruebas están establecidos en las normas JIS (Normas Industriales Japonesas). Las normas JIS relacionadas con las características de los agregados son 16, mismas que se incluyen en el anexo de esta publicación.

En esta publicación se explican, de manera resumida, los procedimientos de ejecución de algunas de las pruebas principales. Los autores de los textos son: Ing. Kenzou Kishi, Ing. Kouji Mano, Ing. Susumu Kumahara e Ing. Kouichi Suzuki. Todos los autores trabajan con la Sección de Pruebas de Materiales no Orgánicos, del Laboratorio Central del Centro de Pruebas de Materiales de Construcción, y son verdaderos expertos en estas técnicas.

Los textos fueron elaborados para la revista de difusión que tiene el centro: Información sobre Pruebas de Materiales de Construcción. Los Capítulos 1,2,4, en 1985, el 3, en 1984, el 5 en 1986, y el 6 y 7, en 1988. Redactados originalmente en japonés, los textos fueron traducidos al español por Keiko Suzuki y revisados posteriormente por el Dr. Sergio Alcocer del Área de Ensayos Sísmicos de la Coordinación de Investigación del CENAPRED. Agradecemos especialmente la valiosa colaboración que recibimos del Dr. Alcocer.

CAPITULO 1

Prueba de clasificación por mallas, peso volumétrico, y tasa real volumétrica por forma granular de agregados

por
Kenzou Kishi

1. Introducción

Las pruebas presentadas a continuación, (clasificación por mallas peso volumétrico unitario y tasa real volumétrica por forma granular), no son para conocer la calidad del material del agregado, sino para determinar las características del agregado relacionadas con la trabajabilidad del concreto premezclado.

Estas características pueden ser mejoradas al controlar la finura de los agregados por trituración, por lo que son consideradas como uno de los principales parámetros para el control de calidad en las plantas. Por otra parte, estas características tienen una relación estrecha con el volumen unitario de agua y de agregados gruesos en la dosificación del concreto, y son factores muy importantes para elaborar concretos de buena calidad.

2. Prueba de clasificación por mallas

2.1 Objetivo de la prueba

La prueba de clasificación por mallas se realiza para saber la distribución de los tamaños del agregado (distribución granulométrica) y los tamaños de los granos más grandes. Cuando la distribución se inclina hacia tamaños grandes se tiende a producir la separación u oquedades, presentando un mal aspecto en el acabado. Si la distribución se inclina hacia tamaños pequeños, la calidad del concreto "cacarizo" se deteriora porque contiene excesiva agua por volumen unitario. Por lo tanto, el JIS (Japan Industrial Standards), el Colegio de Ingenieros Civiles y el Colegio de Arquitectos definen el módulo de finura del agregado, para que se utilicen agregados cuya distribución granulométrica esté dentro de un cierto límite. Mientras más grande sea el tamaño máximo de los granos, se puede reducir la cantidad de agua por volumen unitario; sin embargo, los tamaños de los granos tienen cierto límite dependiendo del colado del concreto.

El tamaño máximo de los agregados gruesos se define por la abertura mínima de mallas por las que pasa más de un 90% de la masa de estos agregados.

2.2 Puntos de observación

Los resultados de la prueba se expresan por el porcentaje del agregado que pasa por ciertas mallas, por la curva de distribución granulométrica, por el módulo de finura, etc. Un material se considera apropiado cuando su distribución granulométrica está dentro de los criterios de evaluación, y no apropiado cuando está fuera de éstos. La finura del agregado se puede modificar mediante control granulométrico o la forma de trituración, por lo que es necesario realizar periódicamente esta prueba para fines de control interno.

2.3 Método de prueba

Es necesario, en primer lugar, conseguir muestras representativas. Generalmente, las muestras se obtienen del material colocado a la intemperie, del material que pasa por el transportador o del que se encuentra en la tolva. Es necesario muestrear con cuidado, ya que la distribución y el flujo del material cambia dependiendo del tamaño de los granos. Cuando se realiza la clasificación por mallas, es muy importante controlar las mallas utilizadas. No se pueden hacer pruebas precisas utilizando mallas con aberturas dispares; hay que eliminar el material atrapado entre las mallas, que puede ser detectado revisando el peso de ellas antes y después de la prueba. (Ver cuadro 1 al cuadro 11).

Cuadro 1

1. Nombre de la prueba	Clasificación por mallas.										
2. Objetivo de la prueba	Conocer la distribución granulométrica del agregado para obtener los valores necesarios para dosificación del concreto.										
3. Muestras	<p>1) Tipos: agregados finos y gruesos que se utilizan para elaborar concreto (arena y gravas de río, arena triturada, grava, agregados ligeros, etc).</p> <p>2) Medidas: de unos 100mm a unos 0.15 mm.</p> <p>3) Cantidad:</p> <p>Agregado fino: el que pasa por una malla de 1.2 mm en más de un 95% (en peso) ----100 g</p> <p>el que queda en una malla de 1.2 mm en más de un 5% (en peso) ----500 g.</p> <p>Agregado grueso: tamaño granular máximo alrededor de</p> <table style="margin-left: 200px;"> <tr><td>10 mm -----1 kg</td><td>50 mm -----20 kg</td></tr> <tr><td>15mm ----- 2.5 kg</td><td>60 mm -----25 kg</td></tr> <tr><td>20 mm ----- 5 kg</td><td>80 mm -----30 kg</td></tr> <tr><td>25 mm -----10 kg</td><td>100 mm-----35 kg</td></tr> <tr><td>40 mm -----15 kg</td><td></td></tr> </table> <p><i>Nota: Cuando se trata de agregado fino, se utiliza la mitad de las cantidades arriba mencionadas.</i></p>	10 mm -----1 kg	50 mm -----20 kg	15mm ----- 2.5 kg	60 mm -----25 kg	20 mm ----- 5 kg	80 mm -----30 kg	25 mm -----10 kg	100 mm-----35 kg	40 mm -----15 kg	
10 mm -----1 kg	50 mm -----20 kg										
15mm ----- 2.5 kg	60 mm -----25 kg										
20 mm ----- 5 kg	80 mm -----30 kg										
25 mm -----10 kg	100 mm-----35 kg										
40 mm -----15 kg											
4. Método de prueba	<p>Resumen</p> <p>Se pasan por mallas las muestras secadas a 100-110°C hasta obtener los pesos especificados, para calcular la distribución granulométrica y el módulo de finura.</p> <p>Normas aplicables</p> <p>JIS A 1102 (Método de clasificación por mallas del agregado).</p> <p>Instrumentos de prueba y dispositivos de medición</p> <p>Báscula: con una precisión mayor al 0.1% del peso de las muestras (ver pesos especificados).</p>										

4. Método de prueba	<p>Instrumento de prueba y dispositivos de material</p>	<p>Mallas: de 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.5, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100 mm.</p>
	<p>Condiciones en el momento de la prueba</p>	<p>Las muestras deben estar secas.</p>
	<p>Detalles de la prueba</p>	<p>1. Se toman muestras representativas, que se dividen y se reducen hasta la cantidad especificada (ver inciso 3, muestras) por método de cuarteo o por separador de muestras. Posteriormente se secan a 100-110 °C hasta que registren pesos constantes.</p> <p>2. Se pasa por una combinación de mallas que estén de acuerdo con el propósito de la prueba de clasificación por mallas del agregado.</p> <p>3. La clasificación se realiza aplicándole al cedazo movimientos verticales y horizontales, meciendo la muestra en forma tal que se mueva constante y equitativamente por la superficie de la malla. Esta maniobra se realiza hasta que la cantidad que pasa por la malla en un minuto sea no más de 1% de la cantidad que queda en el tamiz.</p> <p>Cuando se utiliza alguna máquina para la clasificación, al final se hace la maniobra manualmente para constatar que la cantidad que pasa en un minuto por las mallas sea menor a la arriba mencionada.</p> <p>4. El agregado que queda entre las mallas debe ser empujado cuidadosamente hacia adentro del cedazo para que no se rompa, y se considera como material que no pasó por la malla.</p> <p>5. Despues del tamizado, se mide el peso de la muestra que quedó en cada una de las mallas.</p> <p>6. Se hace el cálculo de acuerdo con la siguiente fórmula:</p>

$$\text{Porcentaje del agregado que queda en una serie de mallas con aberturas graduadas} = \frac{\text{Peso del agregado que queda en cada una de las mallas}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

Porcentaje del agregado que queda en cada una de las mallas=Suma de porcentajes del agregado que quedó en la serie de mallas con aberturas más grandes

5. Método de evaluación	Detalles de prueba	Porcentaje del material que pasa por cada una de las mallas= 100 – Porcentaje del agregado que queda en cada una de las mallas Módulo de finura= Suma de porcentajes del agregado que queda en cada una de las mallas abajo mencionadas Apertura de las mallas: 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.5, 5, 10, 20, 40 y 80 mm
	Normas aplicables	JIS A 5002 (agregado fino para concreto de uso estructural), JIS A 5005 (grava para concreto), JASS 5 (normas del Colegio de Ingenieros Civiles), JIS A 5004 (arena triturada para concreto), JIS A 5308 (concreto premezclado).
	Criterio de juicio	(1) JIS A 5002: cuadro 2 y 3 (4) JIS A 5308: cuadro 6 - 8 (2) JIS A 5004: cuadro 4 (5) JASS 5: cuadro 9 (3) JIS A 5005: cuadro 5 (6) Normas de CIC: cuadro 10 y 11
	6. Expresión de los resultados	Los porcentajes del agregado que queda en una serie de mallas con aberturas graduadas, del agregado que queda en cada una de las mallas, y del agregado que pasa por cada una de las mallas se expresan en números enteros. El módulo de finura se expresa con tres cifras significativas.

Cuadro 2
JIS A 5002 Rango de finura del agregado fino ligero para concreto de uso estructural (en porciento)

Tipo de agregado	Medida nominal de la malla(mm)							porcentaje perdido o en prueba de lavado
	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
Agregado fino artificial	100	90-100	75-100	50-90	25-65	15-40	5-20	0-10
Agregado fino natural y de subproducto	100	90-100	-	-	-	15-40	-	0-10

Cuadro 3
JIS A 5002 Rango de finura del agregado grueso ligero para concreto de uso estructural (en porciento)

Tipo de agregado	Medida del agregado (mm)	Medida nominal de las mallas(mm)				
		25	20	15	10	5
Agregado ligero artificial	20 - 5 15 - 5	100 -	90 - 100 100	- 90 - 100	20 - 55 40 - 70	0 - 10 0 - 15
Agregado ligero natural y de subproducto	20 - 5	100	90 - 100	-	20 - 75	0 - 15

Cuadro 4
JIS A 5004 Rango de finura de la arena triturada para concreto

Medidas nominales de la malla (mm)	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
Porcentaje de la masa que pasa por la malla(%)	100	100 - 90	100 - 80	90 - 50	65 - 25	35 - 10	15 - 2

Cuadro 5
JIS A 5005 Rango de finura de la grava para concreto

Denominación	Rango del tamaño de los granos (mm)	% de la masa que pasa por la malla									
		100	80	60	50	40	25	20	15	10	5
Grava	5005 50 - 5	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	-	0 - 5
	4005 40 - 5	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5
	2505 25 - 5	-	-	-	-	100	95 - 100	-	25 - 60	-	0 - 10
	2005 20 - 5	-	-	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 10
	1505 15 - 5	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15
	8040 80 - 40	100	90 - 100	45 - 70	-	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-
	6040 60 - 40	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-
	5025 50 - 25	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-
	4020 40 - 20	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	-	0 - 5	-

Cuadro 6
JIS A 5308 Rango de finura del agregado fino
para obras de ingeniería civil

Medida nominal de la malla (mm)	Porcentaje de la masa que pasa por la malla	Medida nominal de la malla (mm)	Porcentaje de la masa que pasa por la malla
10	100	0.6	25 - 65
5	90 - 10	0.3	10 - 35
2.5	80 - 100	0.15	2 - 10
1.2	50 - 90	-	-

Cuadro 7
JIS A 5308 Rango de finura del agregado grueso
para obras de ingeniería civil

Medida nominal de la malla Tamaño del agregado grueso (mm)	Porcentaje de la masa que pasa por la malla								
	50	40	30	25	20	15	10	5	2.5
40 - 5	100	95 - 100	-	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5	-
25 - 5	-	-	100	95 - 100	-	30 - 70	-	0 - 10	0 - 5
20 - 5	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 10	0 - 5

Cuadro 8
JIS A 5308 Rango de finura del agregado normal para construcción

Medida nominal de la malla (mm)	Porcentaje de la masa que pasa por la malla												
	50	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
Agregado fino	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	80 - 100	50 - 90	25 - 65	10 - 35	2 - 10
Agregado grueso (mm)	40	100	95 - 100	-	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5	-	-	-	-
	25	-	-	100	90 - 100	60 - 90	-	20 - 50	0 - 10	0 - 5	-	-	-
	20	-	-	-	100	90 - 100	(55 - 88)	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-	-

Nota: Las cifras entre paréntesis () son de referencia

Cuadro 9
JASS 5 Rango de finura de la grava y de la arena.

Medida nominal de la malla (mm)		Porcentaje en peso del material que pasa por la malla												
		50	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
G r a v a	40	I	100	95 - 100	-	-	40 - 65	-	10 - 30	0 - 5	-	-	-	-
		II	100	95 - 100	-	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5	-	-	-	-
		III	100	90 - 100	-	-	25 - 75	-	5 - 40	0 - 10	-	-	-	-
	25	I	-	-	100	95 - 100	65 - 85	-	25 - 45	0 - 10	0 - 5	-	-	-
		II	-	-	100	90 - 100	60 - 90	-	20 - 50	0 - 10	0 - 5	-	-	-
		III	-	-	100	90 - 100	50 - 90	-	10 - 60	0 - 15	-	-	-	-
	20	I	-	-	-	100	90 - 100	(55 - 80)	25 - 50	0 - 10	0 - 5	-	-	-
		II	-	-	-	100	90 - 100	(55 - 80)	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-	-
		III	-	-	-	100	90 - 100	(40 - 85)	10 - 60	0 - 15	-	-	-	-
Arena	Arena	I	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	80 - 100	55 - 85	30 - 55	15 - 30
		II	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	80 - 100	50 - 90	25 - 65	10 - 35
		III	-	-	-	-	-	-	100	-	-	30 - 100	20 - 70	-

Nota: Las cifras entre paréntesis () son de referencia.

Cuadro 10
**Rango de finura del agregado fino de acuerdo con las normas
del Colegio de Ingenieros Civiles**

Medida nominal de la malla (mm)	Porcentaje en peso del material que pasa por la malla	Medida nominal de la malla (mm)	Porcentaje en peso del material que pasa por la malla
10	100	0.6	25 - 65
5	90 - 100	0.3	10 - 35
2.5	80 - 100	0.15	2 - 10
1.2	50 - 90	-	-

Cuadro 11
Rango de finura del agregado grueso de acuerdo con las normas del Colegio de Ingenieros Civiles

Medida nominal de la malla (mm)	Porcentaje en peso del material que pasa por la malla											
	100	80	60	50	40	30	25	20	15	10	5	2.5
50 - 5	-	-	100	95 - 100	-	-	35 - 70	-	10 - 35	-	0 - 5	-
40 - 5	-	-	-	100	95 - 100	-	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5	-
30 - 5	-	-	-	-	100	95 - 100	-	40 - 75	-	10 - 35	0 - 10	0 - 5
25 - 5	-	-	-	-	-	100	95 - 100	-	30 - 70	-	0 - 10	0 - 5
20 - 5	-	-	-	-	-	-	100	95 - 100	-	20 - 55	0 - 10	0 - 5
15 - 5	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5
10 - 5	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	0 - 40	0 - 10
80 - 40	100	90 - 100	45 - 70	-	0 - 15	-	-	0 - 5	-	-	-	-
60 - 40	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	-	0 - 5	-	-	-	-
50 - 25	-	-	100	90 - 100	35 - 70	-	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-
40 - 20	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 15	-	0 - 5	-	-
30 - 15	-	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 15	0 - 10	-	-

3. Prueba del peso volumétrico unitario y de la tasa real volumétrica por forma granular

3.1 Objetivo de la prueba

La prueba del peso volumétrico se hace para determinar el peso (la masa) del agregado que puede ser contenido en un cierto volumen. La relación volumétrica se obtiene dividiendo el peso volumétrico entre el peso específico máximo (peso volumétrico seco absoluto), y expresa, en porcentaje, la masa máxima del agregado que puede ser contenido en un volumen. Para saber si la forma de los granos del agregado es apropiada o no, se uniforma la finura del agregado y se saca el peso volumétrico del agregado, y con esto se calcula relación volumétrica correspondiente, para obtener la relación volumétrica por forma granular.

El concreto se compone de agregados cemento, agua y aire. Imagíñese que se coloca primero el agregado en un recipiente con una cierta capacidad, y se cubre (o rellena) el espacio restante con la pasta de cemento. Si la relación volumétrica del agregado es pequeña, se hace grande el espacio restante y se requiere de una mayor cantidad de pasta de cemento para llenarlo. Consecuentemente, es un factor importante utilizar agregados que tengan formas granulares apropiadas y que tengan una alta relación volumétrica para lograr concretos de buena calidad.

3.2 Puntos de observación

Los puntos que tienen que observarse con cuidado respecto a los resultados de la prueba son los siguientes: mientras más alto sea el valor de la relación volumétrica por forma granular, se piensa que son mejores las formas granulares que tiene un agrega-

do. Se utiliza el criterio de que un agregado es aprobado cuando tiene el valor de la relación volumétrica superior a la norma establecida, y en caso contrario, no es aprobado. El peso volumétrico se incrementa a medida que aumentan el peso específico y el tamaño granular máximo. Ahora, el peso específico se determina por la calidad del material y el tamaño granular máximo, por las medidas del espacio o de la pieza a que se destina el concreto, y que no son modificables. Sin embargo, cuando la distribución granulométrica del agregado es adecuada, el peso volumétrico unitario aumenta; cuando las formas granulares son buenas (no muy angulosas o planas, sino redondas) también. Por lo tanto, el peso volumétrico unitario se puede cambiar con relativa facilidad dentro de cierto rango, regulando la finura de los granos (cambiando el método de trituración).

3.3 Método de prueba

Hay que tener cuidado con la capacidad volumétrica del recipiente que se utiliza. Se debe determinar su capacidad con precisión llenándolo de agua, pero es necesario revisarla periódicamente, ya que se puede deformar a causa de manejo poco cuidadoso. También es necesario que la persona que haga la prueba ejerza muchas veces la maniobra de llenado del recipiente, para que el llenado sea siempre homogéneo. Las muestras que se utilizan deben contener siempre menos del 1% de humedad. Por otra parte, la relación volumétrica se mide en estado de seco absoluto (Cuadro 12).

Cuadro 12

1. Nombre de la prueba	Peso volumétrico unitario y tasa real volumétrica por forma granular del agregado.						
2. Objetivo de la prueba	Conocer el peso volumétrico unitario del agregado y calcular la relación volumétrica para obtener otros valores necesarios para la dosificación del concreto.						
3. Especímenes	<p>1) Tipo: agregados finos y gruesos que se utilizan para la elaboración de concreto (arena de río, grava de río, arena triturada, balastro de piedra, agregado ligero, etc).</p> <p>2) Medidas: de 100 mm a 0.15 mm aproximadamente.</p> <p>3) Cantidad:</p> <p style="margin-left: 20px;">agregado cuyo tamaño máximo es</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>menor a 10 mm</td> <td>más de 4 litros</td> </tr> <tr> <td>mayor a 10 mm y menor a 40 mm</td> <td>más de 20 litros</td> </tr> <tr> <td>mayor a 40 mm</td> <td>más de 60 litros</td> </tr> </table>	menor a 10 mm	más de 4 litros	mayor a 10 mm y menor a 40 mm	más de 20 litros	mayor a 40 mm	más de 60 litros
menor a 10 mm	más de 4 litros						
mayor a 10 mm y menor a 40 mm	más de 20 litros						
mayor a 40 mm	más de 60 litros						
4. Método de prueba	<p>Resumen</p> <p>Determinar la masa por volumen unitario de la muestra seca al aire o en estado de sequedad absoluta y calcular su tasa real volumétrica.</p> <p>Normas aplicables</p> <p>JIS A 1104 (método de prueba del peso unitario volumétrico y de la tasa real volumétrica del agregado).</p>						

Instrumentos de la prueba y dispositivos de medición	<p>Báscula: con una precisión mayor al 0.2% del peso de la muestra.</p> <p>Recipiente: cilindros metálicos maquinados en su cara interior, impermeables y suficientemente sólidos. Con capacidades aproximadas de 2, 10 y 30 litros.</p> <p>Varilla compactadora: una varilla de acero de 16 mm de diámetro y 50 cm de largo, con la punta redondeada (o de bala).</p>
Condiciones en el momento de la prueba	La muestra debe estar secada al aire o en estado de sequedad absoluta.
Detalles del método	<p>1. Se recolectan muestras representativas, se dividen y se reducen por el método de cuarteo o con distribuidor de muestras para que queden en las cantidades señaladas. Estas cantidades se dividen en dos a su vez, cada una de estas porciones se utiliza como muestra en la prueba.</p> <p>2. Las muestras se depositan en el recipiente como se describe a continuación:</p> <p>a. En el caso del agregado normal con el tamaño máximo menor a 40 mm, se coloca el material hasta un tercio de la altura del recipiente, se aplana la superficie con los dedos, y se golpea con la varilla compactadora 25 veces de manera uniforme. Luego se agrega material hasta llegar a un nivel de dos tercios de la altura del recipiente, golpeado 25 veces con la varilla de la misma manera. Finalmente, se coloca el agregado hasta que se desborde del recipiente, golpeando igualmente 25 veces.</p> <p>b. Cuando se trata del agregado cuyo grano máximo tenga un tamaño mayor a 40 mm o del agregado ligero, se coloca el recipiente sobre un piso sólido y horizontal, depositando la muestra en tres capas iguales. Después de depositar cada una de las capas, hay que levantar un lado del recipiente unos 5 cm dejándolo caer enseguida, para que el fondo del recipiente golpee el piso. Se hace la misma maniobra con el otro lado del recipiente. Esta maniobra se repite 25 veces por lado totalizando 50 veces de caída por capa entre los dos lados.</p> <p>3. Se aplana el agregado de la siguiente forma:</p> <p>a. El agregado fino se aplana reduciendo la cantidad sobrante de la muestra con la varilla compactadora, utilizándola como una regla.</p> <p>b. El agregado grueso se aplana con una regla o con los dedos, tratando de igualar el volumen de los granos que</p>

4. Método de prueba

4. Método de prueba	Detalles del método	<p>salgan del nivel superior del recipiente con el volumen de los huecos que queden por debajo del nivel.</p> <p>4. Medir la masa de la muestra que queda en el recipiente.</p> <p>5. Para sacar la tasa real volumétrica por forma granular, se hacen las maniobras que se enumeran entre 2 y 4, utilizando las muestras compuestas de la siguiente forma:</p> <table border="1" data-bbox="698 403 1351 530"> <tbody> <tr> <td>Arena triturada</td><td>2.5 - 1.2 mm</td><td>Aprox. 8 kilos</td></tr> <tr> <td>Grava de piedra</td><td>20 - 10 mm 10 - 5 mm</td><td>24 kilos 16 kilos</td></tr> </tbody> </table> <p>6. Medir el peso específico, el factor de absorción y el contenido de agua de la muestra (de acuerdo con las normas JIS al respecto). Cuando la muestra se encuentra en estado de sequedad absoluta, se puede eliminar la medición del contenido de agua.</p> <p>7. En este cálculo, se utilizan las siguientes fórmulas:</p> $\text{Peso volumétrico unitario (kg/l)} = \frac{\text{Peso de la muestra en el recipiente (kg)}}{\text{Capacidad del recipiente (l)}} \times \frac{\text{La masa después del secado de la muestra para medir el contenido de agua(g)}}{\text{La masa de la misma muestra antes del secado}}$ $\text{Tasa real volumétrica (\%)} = \frac{\text{Peso volumétrico unitario (kg/l)}}{\text{Peso específico con secado superficial (kg/l)}} \times \frac{(100+\text{factor de absorción (\%)})}{\text{Peso específico con secado superficial (kg/l)}}$ <p>8. Las pruebas se hacen dos veces con las muestras recolectadas al mismo tiempo; se saca el promedio de los resultados.</p>	Arena triturada	2.5 - 1.2 mm	Aprox. 8 kilos	Grava de piedra	20 - 10 mm 10 - 5 mm	24 kilos 16 kilos
Arena triturada	2.5 - 1.2 mm	Aprox. 8 kilos						
Grava de piedra	20 - 10 mm 10 - 5 mm	24 kilos 16 kilos						
Normas aplicables	<p>JIS A 5004 (arena triturada para elaborar concreto)</p> <p>JIS A 5005 (grava para elaborar concreto)</p> <p>Las dos normas están expresadas en la relación volumétrica por forma granular.</p>							
5. Método de evaluación	Criterios de evaluación	<p>1) Arena triturada: tasa real volumétrica por forma granular de más del 53%.</p> <p>2) Grava: más del 55%.</p>						

6. Expresión de resultados	<p>Redondear en tres cifras efectivas el peso volumétrico unitario, la tasa real volumétrica, el peso específico y el factor de absorción.</p> <p>Cuando las pruebas se hacen en estado seco al aire, el factor de absorción debe expresarse hasta el segundo decimal.</p>
----------------------------	--