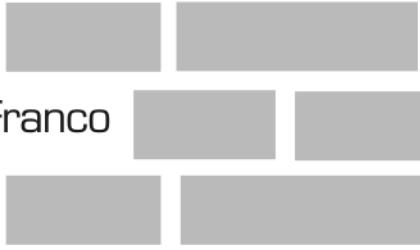
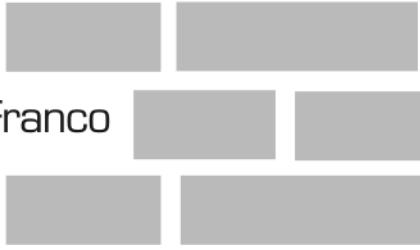




APLICACIÓN DE MATERIALES Y PRODUCTOS EN LA CONSTRUCCIÓN



MSc. Orlando Francisco Lima Franco



Edición: Lic. Lennys C. Barcaz Lescaaille
Diseño de cubierta: Humberto Dueñas Barral
Diseño: Elena Faramiñán Cortina
Ilustración: Luis Bestard Cruz
Carlos A. Prieto Cañedo
Ángel J. García Castañedo
Corrección: Sheila Patricia Fernández Díaz
Emplane: Luisa María González Carballo

© Orlando Francisco Lima Franco, Cuba, 2016
© Editorial Pueblo y Educación, 2016

ISBN 978-959-13-3021-5

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN
Ave. 3ra. A No. 4601 entre 46 y 60,
Playa, La Habana, Cuba. CP 11300.
epe@enet.cu



ÍNDICE

PALABRAS AL LECTOR / IX

INTRODUCCIÓN / XI

PRIMERA PARTE. MATERIALES Y PRODUCTOS PARA ELABORAR PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES HIDRÁULICOS / XIII

CAPÍTULO 1. Áridos para morteros y hormigones hidráulicos / 1

- 1.1 Rocas / 1
- 1.2 Áridos / 3
 - 1.2.1 Clasificación de los áridos / 3
 - 1.2.2 Obtención de los áridos / 5
 - 1.3 Piedras naturales / 9
 - 1.3.1 Clasificación por tamaños, propiedades y protección de las piedras / 10
 - 1.3.2 Muestreo y ensayos / 13
 - 1.4 Arenas naturales / 29
 - 1.4.1 Clasificación de las arenas, limitaciones de las de mar y usos / 30
 - 1.4.2 Muestreo y ensayos / 33
 - 1.5 Polvo de piedra / 40

CAPÍTULO 2. Materiales aglomerantes y agua para pastas, morteros y hormigones hidráulicos / 42

- 2.1 Aglomerantes / 42
- 2.2 Yeso / 43
- 2.2.1 Composición química y obtención / 44
- 2.2.2 Clasificación, propiedades, protección y usos / 45
- 2.3 Cal / 47
- 2.3.1 Obtención y composición química / 49

2.3.2 Clasificación / 50
2.3.3 Propiedades, protección y usos / 51
2.4 Cemento hidráulico / 52
2.4.1 Obtención y composición química / 54
2.4.2 Clasificación / 57
2.4.3 Protección y propiedades / 59
2.4.4 Muestreo y ensayos / 61
2.5 Agua / 72
2.5.1 Clasificación, condiciones y propiedades / 73
2.5.2 Muestreo y ensayos / 75

SEGUNDA PARTE. ELABORACIÓN DE PASTAS, MORTEROS HIDRÁULICOS, HORMIGONES HIDRÁULICOS Y HORMIGONES ARMADOS / 79

CAPÍTULO 3. Pastas y morteros hidráulicos / 81

3.1 Pastas / 81
3.1.1 Componentes, elaboración, clasificación y propiedades / 82
3.1.2 Tipos de pastas y usos / 83
3.2 Morteros hidráulicos / 85
3.2.1 Generalidades / 85
3.2.2 Materiales componentes y funciones / 86
3.2.3 Clasificación, dosificación y tablas de los morteros / 88
3.2.4 Diseño de mezcla / 92
3.2.5 Elaboración de la mezcla / 95
3.2.6 Control de la calidad, inspección, muestreo y ensayos / 97
3.2.7 Propiedades / 102

CAPÍTULO 4. Hormigón hidráulico / 104

4.1 Generalidades / 104
4.1.1 Materiales componentes y funciones / 105
4.1.2 Clasificación / 107
4.1.3 Dosificación, métodos y tablas / 109
4.2 Diseño y elaboración de la mezcla de prueba / 115
4.2.1 Ensayos para los componentes / 116
4.2.2 Metodología para el diseño de mezclas / 119
4.2.3 Elaboración de la mezcla de prueba / 124
4.3 Control de la calidad / 126
4.3.1 Factores que influyen en la calidad / 127
4.3.2 Muestreo y ensayos / 132
4.3.3 Propiedades del hormigón hidráulico / 138

4.3.4 Aditivos para mejorar sus propiedades / 141

CAPÍTULO 5. Acero de refuerzo para el hormigón armado / 144

5.1 Hormigón hidráulico / 144

5.1.1 Resistencia mecánica / 146

5.2 El acero / 147

5.2.1 Barras de acero de refuerzo para el hormigón armado.

Obtención / 148

5.2.2 Composición química y características de las barras / 153

5.2.3 Clasificación, propiedades y protección de las barras / 157

5.2.4 Muestreo y ensayos / 159

5.3 Hormigón armado / 161

5.3.1 Elaboración y colocación de armaduras / 163

5.3.2 Elaboración, clasificación y propiedades / 166

TERCERA PARTE. PRODUCTOS ELABORADOS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS / 171

CAPÍTULO 6. Productos de morteros y hormigones para la albañilería / 173

6.1 Bloques de hormigón para paredes / 173

6.1.1 Materiales componentes para la fabricación de bloques.
Dosificación / 175

6.1.2 Proceso de fabricación y clasificación de los bloques / 176

6.1.3 Propiedades, medidas de protección y usos / 180

6.1.4 Muestreo y ensayos / 181

6.2 Losetas hidráulicas / 183

6.2.1 Materiales componentes para la fabricación de losetas hidráulicas.
Dosificación / 184

6.2.2 Proceso de fabricación y clasificación / 185

6.2.3 Propiedades, medidas de protección y usos / 187

6.3 Baldosas hidráulicas / 188

6.3.1 Materiales componentes para la fabricación de baldosas hidráulicas.
Dosificación / 189

6.3.2 Proceso de fabricación y clasificación / 191

6.3.3 Propiedades, medidas de protección y usos / 193

6.3.4 Muestreo y ensayos / 194

6.4 Elementos prefabricados de terrazo / 195

6.4.1 Materiales componentes, proceso de fabricación
y clasificación / 195

6.4.2 Propiedades, medidas de protección y usos / 198

CAPÍTULO 7. Productos de cerámica para la albañilería / 199

- 7.1 Productos cerámicos para la construcción de paredes / 200
- 7.1.1 Clasificación / 201
- 7.1.2 Acabado, defectos y medidas de protección / 204
- 7.1.3 Muestreo y ensayos / 206
- 7.2 Productos cerámicos para revestir paredes / 206
- 7.2.1 Clasificación / 207
- 7.2.2 Acabado y defectos / 209
- 7.2.3 Medidas de protección, usos, muestreo y ensayos / 211
- 7.3 Productos cerámicos para cubiertas / 213
- 7.3.1 Clasificación / 213
- 7.3.2 Acabado, defectos y medidas de protección / 216
- 7.3.3 Muestreo y ensayos / 218

CAPÍTULO 8. Productos para instalaciones, terminaciones y áreas exteriores / 219

- 8.1 Productos para instalaciones / 219
- 8.1.1 Productos cerámicos para instalaciones sanitarias / 219
- 8.1.2 Productos para instalaciones hidráulicas / 222
- 8.1.3 Muebles cerámicos sanitarios / 225
- 8.1.4 Productos para instalaciones eléctricas / 227
- 8.1.5 Instalaciones con productos plásticos / 231
- 8.2 Productos para terminaciones / 233
- 8.2.1 Terminaciones con puertas y ventanas / 233
- 8.2.2 Terminaciones con pintura / 237
- 8.2.3 Terminaciones con vidrio / 240
- 8.3 Productos para áreas exteriores / 242
- 8.3.1 Redes exteriores / 242
- 8.3.2 Viales para áreas exteriores / 244
- 8.3.3 Asfalto / 245
- 8.3.4 Hormigón asfáltico / 247
- 8.3.5 Áreas verdes / 249

CAPÍTULO 9. Productos químicos para la construcción / 252

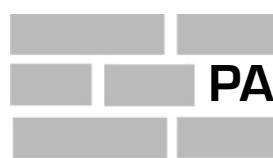
- 9.1 Morteros especiales / 252
- 9.2 Aditivos para morteros y hormigones hidráulicos / 254
- 9.3 Tratamientos superficiales para el hormigón / 256
- 9.4 Productos epóxidos / 258
- 9.5 Materiales para sellos de juntas / 259
- 9.6 Adhesivos para cerámicas / 260

9.7 Tratamientos para impermeabilizar / 260
9.8 Materiales accesorios / 262

CAPÍTULO 10. Otros materiales y productos para la construcción / 263

10.1 Madera / 263
10.1.1 Clasificación / 264
10.1.2 Propiedades, protección y usos / 266
10.2 Pigmentos / 269
10.2.1 Clasificación / 269
10.2.2 Propiedades, protección y usos / 269
10.3 Asbesto-cemento / 270
10.3.1 Clasificación, propiedades, protección y usos / 271
10.4 Impermeabilizantes para cubiertas / 273
10.4.1 Clasificación / 273
10.4.2 Propiedades, protección y usos / 274
10.5 Asfalto / 275
10.5.1 Tipos de asfaltos y su obtención / 276
10.5.2 Clasificación del asfalto y productos derivados del petróleo / 278
10.6 Hormigones asfálticos / 278
10.6.1 Clasificación y elaboración / 279
10.6.2 Propiedades y transportación / 281
10.6.3 Diseño de mezclas asfálticas por el método Marshall / 281
10.6.4 Tendido y compactación del hormigón asfáltico en caliente / 283

BIBLIOGRAFÍA / 287



PALABRAS AL LECTOR

Aspiramos a que el texto de este libro le dé solución al contenido del programa de la asignatura *Materiales y Productos para la Construcción*, para el técnico medio en construcción, y les sea de gran utilidad, tanto al profesor como a los estudiantes.

Pretendemos, además, que se conozcan: la obtención, las características, la clasificación, las propiedades, la protección, el muestreo, los ensayos y usos más generales de los materiales y productos, para que, mediante el apoyo de la base material de estudio, las prácticas de laboratorio e investigaciones, así como las visitas dirigidas a centros de producción y obras, puedan seleccionarlos, aplicarlos y utilizarlos convenientemente en su vida laboral.

Los conocimientos adquiridos de cada uno de los materiales y productos les permitirán ser capaces de seleccionarlos adecuadamente, en las operaciones de ejecución práctica que merecen y necesitan nuestras obras, cumpliendo con lo establecido en las normas y especificaciones, así como en las regulaciones de la construcción; permitirán también, que se obtenga la calidad requerida en la ejecución de las obras, a la que tanto aspiramos.

Dedicamos este texto a todos los profesores y estudiantes de los Politécnicos de la Construcción del Ministerio de Educación (MINED) y Centros de capacitación del Ministerio de la Construcción (MICONS) de Cuba, y les deseamos que sea de gran utilidad para ellos en sus funciones.

Agradecemos el apoyo brindado por el Lic. Orlando Lima Gutiérrez, a la Lic. Hortensia S. Gutiérrez Lauzurique en la redacción, revisión y búsqueda bibliográfica de este material de estudio, así como al departamento de la Educación Técnica y Profesional (ETP) del MINED, por el apoyo para la confección del texto.

EL AUTOR

IX



INTRODUCCIÓN

En los momentos actuales, Cuba se encuentra enfrascada en realizar transformaciones en su sistema social y económico. Dentro del sector de la construcción, las transformaciones están dirigidas a resolver las necesidades de la sociedad; es por ello que los materiales y productos que se empleen en la construcción deben reunir la calidad que se establece en las normas cubanas y regulaciones establecidas, apoyados en los ensayos correspondientes y de acuerdo con la concepción integral del proceso inversionista desde su inicio hasta la entrega de la obra al cliente.

El objetivo que persigue este libro es dar a conocer los materiales y productos que más se emplean en la ejecución de obras; se enfatiza en los contenidos de los materiales áridos y aglomerantes para la elaboración de pastas, morteros y hormigones hidráulicos, que incluye los ensayos de laboratorio de sus componentes para comprobar su calidad siguiendo la secuencia de los procesos productivos, tal y como se obtienen y elaboran, además de presentar otros productos para su utilización en las obras. Este conocimiento es de gran importancia para los futuros técnicos y profesionales relacionados con la construcción, pues la selección adecuada de estos es imprescindible para ejecutar obras con calidad y eficiencia económica, según los proyectos técnico-ejecutivos que son parte del proceso inversionista.

Este texto es un material teórico-práctico que sirve de apoyo tanto a los estudiantes como a los profesores de los politécnicos de la construcción del Ministerio de Educación y centros de capacitación del Ministerio de la Construcción de Cuba. Su contenido está basado en el enfoque de procesos de producción de los materiales y productos más empleados, así como en el proceso inversionista vigente; dividido en 3 partes y 10 capítulos.

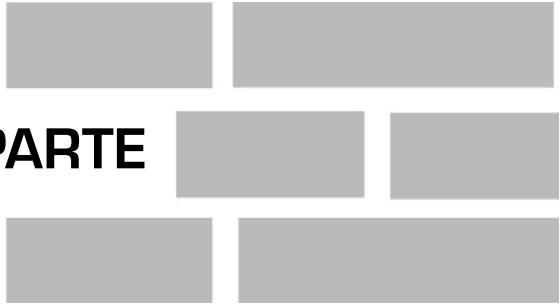
En los primeros 2 capítulos, en la primera parte, se describen los materiales y productos independientes (por separado), que por sí solos no proporcionarían la obtención de un producto terminado, como son: los áridos (piedras y arenas), los aglomerantes (yeso, cal y cemento hidráulico) y el agua, para la elaboración posterior de las pastas, los morteros y los hormigones hidráulicos.

En los capítulos 3, 4 y 5, en la segunda parte, se aborda la elaboración de los productos con materiales mezclados adecuadamente, a pie de obra, para obtener pastas, morteros hidráulicos, hormigones hidráulicos y hormigones armados (incorporando el acero de refuerzo), cuya particularidad radica en que se confeccionan en el propio lugar de ejecución de las obras.

En los capítulos 6, 7, 8, 9 y 10, en la tercera parte, se explica sobre productos elaborados por la industria que se emplean en la ejecución de los diferentes tipos de obra: productos de morteros, hormigones hidráulicos y cerámicos para la albañilería; productos para las instalaciones, terminaciones y áreas exteriores; productos químicos para la construcción, así como otros de apoyo para la ejecución de obras.

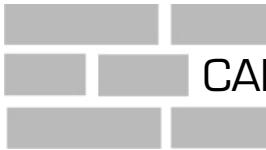
La confección de este material se ha basado en el cumplimiento de lo establecido en la Resolución ministerial no. 91 de 2006: "Indicaciones para el proceso inversionista" y la Instrucción de los presupuestos de la construcción (PRECONS), así como las normas cubanas y las regulaciones vigentes.

Los estudiantes, al recibir estos contenidos, los pueden introducir en los procesos docentes, constructivos e investigativos; además, contribuyen a su formación como obreros, técnicos y profesionales de la construcción, tan necesarios para el desarrollo de la economía del país.



PRIMERA PARTE

Materiales y productos
para elaborar pastas, morteros
y hormigones hidráulicos



CAPÍTULO 1

Áridos para elaborar morteros y hormigones hidráulicos

Antes de comenzar a estudiar los áridos (piedras y arenas) es necesario realizar una breve descripción acerca de los orígenes de las rocas, ya que ellos provienen de estas. Cualquier teoría con respecto a la formación de nuestro planeta tierra supone que intervienen dos fuerzas: internas y externas.

Las fuerzas internas se producen desde el interior de la tierra hacia la superficie y reciben el nombre de fuerzas **endógenas**; son las que dan nacimiento a las montañas y mares.

Las fuerzas externas se producen directamente sobre la superficie terrestre, la modifican y reciben el nombre de fuerzas **exógenas**; en ellas actúan factores de naturaleza química, física y mecánica; se conocen como agentes del intemperismo o meteorización.

1.1 Rocas

Desde la formación de nuestro planeta, los agentes del intemperismo, como el viento, al precipitarse sobre elevaciones rocosas desprenden partículas que se proyectan sobre otros macizos rocosos y producen el efecto de desgaste que tiende a nivelar la superficie terrestre, al depositarse estas en las depresiones. En el caso de nuestro clima tropical, como agente del intemperismo, producen agrietamiento en aquellas rocas más débiles como las calizas.

Las rocas se encuentran en la naturaleza formando masas considerables. Los geólogos las definen como el material sólido natural que constituye la tierra. Generalmente están compuestas por uno o varios minerales como el cuarzo formando una roca; el granito formando una integración de mica, feldespato y cuarzo en la roca. Sin embargo, las rocas también pueden estar formadas por materias que no son minerales, como el carbón, la turba o el asfalto, etc., que se consideran entre las llamadas rocas blandas.

Origen de las rocas

La historia de las rocas está vinculada estrechamente con el origen del planeta Tierra. Sobre su formación se plantean diversas teorías la de mayor aceptación es la referida a que el planeta donde habitamos y todo el sistema solar existe desde hace más de cuatro millones de años.

Los astrónomos han llegado a conclusiones aproximadas en relación con la composición química del universo, aunque debe señalarse que el mayor conocimiento de las rocas está un poco limitado a la corteza terrestre. A lo anterior, es importante añadir también, que los científicos pueden calcular con bastante exactitud la edad de las rocas a través de diversos métodos de investigación.

Clasificación geológica de las rocas

Las rocas son las mayores fuentes de materia prima para obtener los materiales y productos para la construcción, ya que dicha materia prima es utilizada por la industria de materiales para la producción de bloques, ladrillos, baldosas hidráulicas, tejas, etcétera.

Desde el punto de vista geológico, las rocas se pueden dividir en tres grandes grupos, atendiendo a sus orígenes (figura 1.1):

- Rocas ígneas: aquellas que se originaron por el proceso de cristalización que ocurre debido al enfriamiento y solidificación de sustancias fundidas a temperaturas muy altas llamada magma, que llegan a la superficie por los volcanes (son las más antiguas):
 - Profundas: diorita, peridotitas, granito, serpentina, gabro, sienita, etcétera
 - Poco profundas: pórfido granítico, pórfido diorítico, aplitas, etcétera
 - Superficial: basalto, diabasa, felonita, pórfido cuarcífero, etcétera
- Rocas sedimentarias: en principio, son originadas al depositarse y unirse fragmentos de rocas ígneas, donde intervienen grandes presiones y combinaciones químicas; se forman en el transcurso de largos períodos (son las más utilizadas en Cuba):
 - Incoherentes: arenas, gravas, cenizas volcánicas, cantos rodados, barro arcilloso, barro calcáreo y polvo
 - Cementadas: areniscas, margas, arcillas, loes, tobas, brechas y conglomerados
- Rocas metamórficas: originadas por los cambios físicos y químicos producidos por la presión y la temperatura que se opera en las rocas ígneas y sedimentarias: cuarcita, mármol, mica, pizarra y filitas

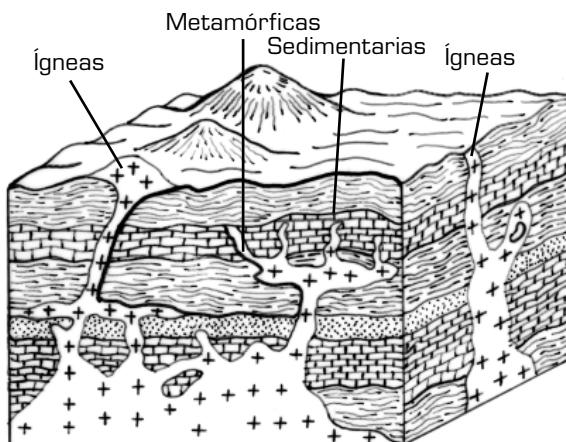


Fig. 1.1 Clasificación geológica de la rocas.

1.2 Áridos

A finales del siglo xix hubo tres descubrimientos que sirvieron para el uso masivo de los áridos (piedras y arenas): los cuales fueron: la máquina de vapor y desarrollo de los ferrocarriles, el automóvil con la necesidad de contar con carreteras y redes viales apropiadas así como la invención del cemento y el hormigón armado.

Lo anterior provocó un auge en el desarrollo de la industria de la producción de materiales de construcción como: las instalaciones de canteras para la producción de áridos y las fábricas de cementos.

Los componentes principales para la elaboración de morteros y hormigones hidráulicos, entre otros son: los áridos (piedras y arenas), cementos hidráulicos y agua.

En este primer capítulo se estudiarán los áridos, entre otros temas: la obtención, la clasificación, características, propiedades, protección, muestreos y ensayos para determinar su calidad cumpliendo con las normas establecidas.

Se debe destacar que las arenas también son piedras, pero por su finura las estudiaremos separadas de las piedras por cumplir funciones diferentes, tanto en morteros como en hormigones hidráulicos. Por lo tanto, las arenas son un caso particular de las piedras.

1.2.1 Clasificación de los áridos

Para su clasificación, teniendo en cuenta que los áridos son materiales inertes naturales o artificiales y se pueden emplear tal y como se

encuentran en la naturaleza o triturados, los dividiremos en cuatro grupos:

- Por su naturaleza:

Teniendo en cuenta que los áridos tienen su mayor aplicación en morteros hidráulicos, hormigones hidráulicos y asfálticos, para la ejecución de obras en el sector de la construcción, atendiendo a su naturaleza los subdividiremos en:

- Áridos naturales: se obtienen directamente de la naturaleza y proceden de la desintegración natural o trituración artificial de las rocas.
- Áridos artificiales: se obtienen cuando hay que proceder a su elaboración, siendo muchas veces un subproducto de la fabricación de otros materiales o productos. Resultan importantes entre otros:
 - Escorias de alto horno: subproducto obtenido de la fabricación del acero
 - Cenizas: residuos que quedan al quemar el carbón de coke
 - Escorias esponjosas: subproducto obtenido del tratamiento de escorias fundidas con cierta cantidad de agua controlada

- Por su yacimiento:

Desde el punto de vista de la obtención de los áridos de acuerdo con su yacimiento y su posterior utilización en la construcción, lo podemos dividir en dos grupos:

- Áridos directos: aquellos que para su empleo se precisa solo realizar operaciones necesarias para su extracción y clasificación
- Áridos indirectos: aquellos que además de las operaciones de extracción y clasificación, necesitan otra fase intermedia de trituración

Los yacimientos naturales de áridos se encuentran en depósitos de grava o arenas de cualquier tamaño, donde están sueltos.

- Por su extracción artificial:

La extracción artificial de los áridos se realiza en canteras, las cuales podemos definir como explotaciones a cielo abierto o subterráneas de las masas geológicas o yacimientos donde se extraen las rocas:

- Explotaciones a cielo abierto: se presentan en la superficie en forma de escarpa casi vertical; a media ladera o en terreno llano
- Explotaciones subterráneas: se presentan en el interior del subsuelo, y se emplean vagones de ferrocarril para su extracción

- Por sus funciones y aplicaciones:

Atendiendo a sus funciones y aplicaciones de los áridos como materiales de construcción, para la ejecución de obras: civiles, viales e hidráulicas en Cuba, se clasifican en:

- Piedras naturales (áridos finos)
- Arenas naturales (áridos gruesos)
- Polvo de piedra

Tanto los áridos gruesos como los finos, varían sus dimensiones desde 76,2 mm de tamaño máximo hasta 0,149 mm de tamaño mínimo; por lo que todas las partículas que pasan por el tamiz no. 100 (0,149 mm), pueden ser polvo de piedra, limo o arcilla.

1.2.2 Obtención de los áridos

Los áridos son materiales inertes naturales o artificiales y se pueden emplear tal como se encuentran en la naturaleza o triturados. En Cuba gran cantidad de los áridos son obtenidos de yacimientos naturales, por lo que es necesario localizar dónde se encuentra el tipo de roca adecuada para poder procesarla.

Existen tres factores que debemos tener en cuenta para la explotación de un yacimiento; los cuales exponemos a continuación:

- La calidad: una vez que se localiza el tipo de roca en el yacimiento, lo primero que se debe hacer es comprobar que su calidad responda a las especificaciones que aparecen en las normas. Se realizarán los muestreos y ensayos de laboratorio correspondientes, para determinar las propiedades de los áridos
- La cantidad: una vez que se comprueba que la calidad de las rocas del yacimiento es idónea para obtener los áridos, se procede a determinar si la cantidad existente es suficiente para explotarlo durante un largo período establecido en las normas, que incluye la extensión y profundidad del yacimiento
- La economía: cuando se comprueba que las rocas del yacimiento tienen la calidad según las especificaciones y la cantidad que se requiere, se valora si resulta económica su explotación de acuerdo con los parámetros técnicos como: acceso difícil, alejado o costoso; se permite entonces la instalación de la cantera

Instalaciones de canteras

Se debe señalar que la importancia de estas instalaciones varía con el grado de mecanización de la cantera, definiéndola como: conjunto de

equipos, maquinarias y partes que componen la planta trituradora de piedras.

La trituración de las piedras se produce por medio de equipos mecánicos llamados **molinos** y pueden ser de cuatro tipos: molino de quijadas, molino de piña, molino de impacto y molino demoledor de martillo; en dependencia de la dureza de las rocas (figuras 1.2 y 1.3).

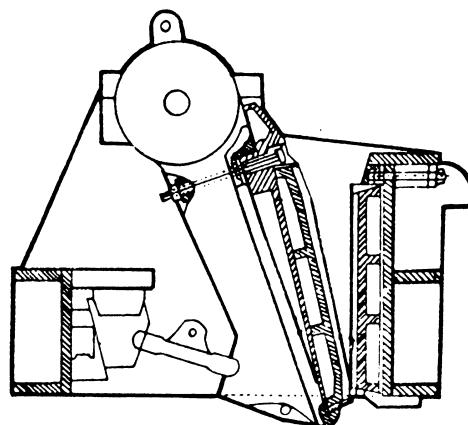


Fig. 1.2 Molino de quijada.

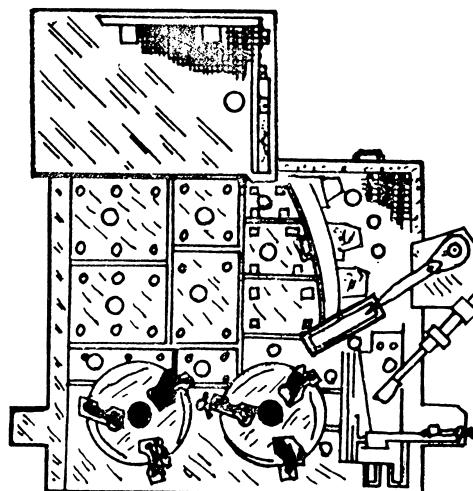


Fig. 1.3 Molino de impacto.

Las producciones de áridos han experimentado importantes cambios y transformaciones, lo que ha permitido el aumento considerable en los últimos años para la ejecución de obras. Para lograr la obtención de los áridos es necesario, seguir el orden operacional que se establece en las instalaciones de canteras a cielo abierto, el cual exponemos a continuación.

Orden operacional para la explotación de una cantera:

1. Apertura del frente de cantera: operaciones que se realizan para eliminar los elementos que cubren las rocas como: vegetación, tierra, etc.; dejándolas libres (figura 1.4).

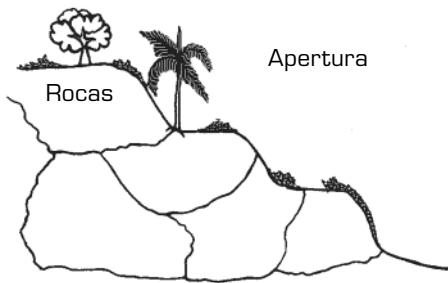


Fig. 1.4 Frente de cantera para áridos.

2. Perforación: operaciones que se realizan para romper las rocas cuando son duras, mediante barrenos colocando explosivos; cuando son blandas se extraen con palas excavadoras (figura 1.5).

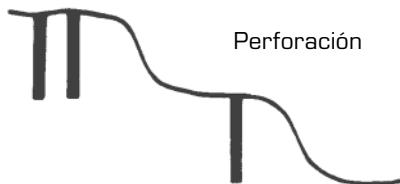


Fig. 1.5 Perforación de las rocas.

3. Voladura: operaciones que se realizan para detonar los explosivos que fragmenten las rocas, en tamaños tales que se puedan triturar en los molinos de la instalación de la cantera (figura 1.6).

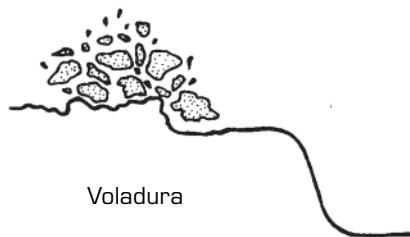


Fig. 1.6 Voladura de las rocas.

4. Carga y transportación: operaciones que se realizan para recoger las rocas fragmentadas, trasladarlas hasta las instalaciones y procesarlas (figura 1.7).



Fig. 1.7 Carga y transportación de las piedras.

5. Trituración y clasificación: operaciones que se realizan para recibir las rocas fragmentadas del frente de canteras y reducirlas a tamaños más pequeños, mediante molinos, y clasificarlas a través de zarandas o parrillas con diferentes aberturas (figura 1.8).

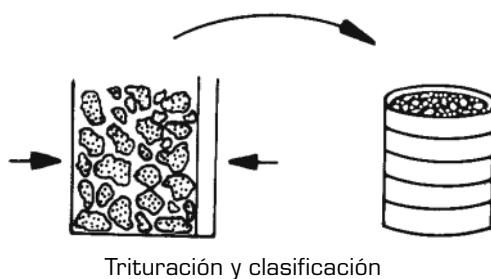


Fig. 1.8 Trituración y clasificación de las piedras.

6. Almacenamiento: lugar donde se acopian los diferentes tamaños de piedras y arenas, separadas entre sí (figura 1.9).



Fig. 1.9 Almacenamiento de los áridos.

Las arenas, al igual que las piedras, se obtienen también de la trituración de las rocas artificialmente, según lo descrito anteriormente; pero a diferencia de las piedras, se extraen en grandes volúmenes directamente de diferentes tipos de yacimientos naturales, sin necesidad de instalaciones de canteras como en: minas, ríos y mares; son estos últimos los más utilizados en nuestro país por su configuración geográfica.

Composición química de los áridos

La composición química de las rocas para la obtención de los áridos está determinada por las características del yacimiento de donde se extraen atendiendo a la gran diversidad que existe.

Las rocas calizas, que tienen como componente básico el carbonato de calcio (CaCO_3), son de origen sedimentario por la acumulación de restos orgánicos; son las más empleadas en la obtención de los áridos para la construcción en el país; además, las rocas calcáreas se producen por el fenómeno cárcico que provoca oquedades en las grandes rocas que forman las cuevas.

Existen tres tipos de sustancias que afectan grandemente el fraguado, endurecimiento y resistencia a la compresión de las pastas, los morteros y los hormigones hidráulicos:

- Sustancias minerales: arcilla, limo, carbón, lignito y otras muy finas
- Impurezas de sales: cloruro de sodio, calcio, magnesio, sulfatos, etcétera
- Impurezas orgánicas: residuos de plantas, aguas contaminadas, raíces, etcétera

Funciones y aplicaciones de los áridos

Atendiendo a las funciones y aplicaciones de los áridos, tanto en las obras civiles o viales, como en las hidráulicas, en Cuba se dividen en tres tipos:

- Piedras naturales (áridos finos)
- Arenas naturales (áridos gruesos)
- Polvo de piedra

Tanto los áridos gruesos como los finos, varían sus dimensiones, desde 76,2 mm de tamaño máximo hasta 0,149 mm de tamaño mínimo; por lo que todas las partículas que pasan por el tamiz no. 100 (0,149 mm), pueden ser perjudiciales para las pastas, morteros y hormigones hidráulicos como: el polvo de piedra, el limo o las arcillas (figura 1.10)



Fig. 1.10 Diferentes tipos de áridos por su tamaño.

1.3 Piedras naturales

Las piedras a lo largo de la historia del hombre han mantenido múltiples usos como: arma para defenderse, atacar y como instrumento de trabajo o material de construcción. Hoy se puede considerar que su mayor uso es para la elaboración del hormigón hidráulico, por los reque-

rimientos de la tecnología moderna; por lo que podemos definirlas como: un material inerte producto de la desintegración natural o artificial de las rocas, en forma de granos, cuyos tamaños se encuentran entre 76,2 y 4,76 mm.

En la actualidad, con el descubrimiento del cemento hidráulico, las **piedras naturales** como material de construcción, se utilizan para la fabricación de diversos productos, donde se incluyen entre otros: el hormigón hidráulico, las losetas y baldosas hidráulicas, que se convierten en **piedras artificiales** con determinadas formas, según el moldeo de estos; son producidos por el hombre con la resistencia, tamaño y forma adecuada.

La industria de materiales de la construcción es la encargada de la producción de las piedras naturales en un alto porcentaje, por la vía artificial de las instalaciones de canteras y se obtienen estas en variados tamaños (incluyendo las arenas) con la calidad requerida.

Características de las piedras

Las características más comunes, que pueden presentar las piedras para su empleo en morteros y hormigones hidráulicos, son las formas que adoptan de acuerdo con su obtención: angulosas, redondeadas y alargadas.

También las piedras tienen gran resistencia mecánica y son inertes, es decir, que no se alteran o destruyen fácilmente por los agentes atmosféricos, ya que ellas aportan al hormigón hidráulico resistencia a la compresión y el volumen. Otras de las características se pueden observar en la figura 1.11.



Fig. 1.11 Formas de presentación de las piedras.

1.3.1 Clasificación por tamaños, propiedades y protección de las piedras

Es de gran importancia el empleo de las piedras en morteros y hormigones hidráulicos para la ejecución de obras; se deben tener en cuenta siempre tres elementos fundamentales: la clasificación por tamaños, las propiedades, la protección y el polvo resultante de ellas.

Clasificación de las piedras por su tamaño

Los diferentes tipos de piedras que se obtienen de las instalaciones de canteras se clasifican por su tamaño, comprendido entre los límites nominales mayores y menores medidos en milímetros; según las especificaciones que aparecen en las normas. En la tabla 1.1 aparecen con sus nombres y los límites nominales:

Tabla 1.1 Clasificación de las piedras por su tamaño

No.	Nombres	Límites nominales
1	Rajón	Mayor 152 mm
2	Rajoncillo	152 mm 76 mm
3	Macadán	76 mm 38 mm 63 mm 38 mm
4	Piedra de hormigón	38 mm 19 mm 38 mm 13 mm 25 mm 13 mm 25 mm 5 mm
5	Gravilla	19 mm 10 mm 19 mm 5 mm 13 mm 5 mm
6	Granito	10 mm 5 mm
7	Arena	5 mm 0,15 mm

Propiedades de las piedras

Las propiedades de las piedras naturales van a depender principalmente de: la historia geológica, de su origen, del tipo de yacimiento y de su composición mineralógica (figura 1.12)

Para considerar que un determinado tipo de piedra reúne la calidad necesaria para poder utilizarse como material de construcción, deben tomarse muestras representativas y realizarse una serie de ensayos normados para cumplir con las propiedades siguientes:

- Ser homogéneas, compactas y de grano uniforme
- No presentar grietas, nódulos ni restos orgánicos
- Ser resistentes a las cargas que hayan de soportar, superior a 50 MPa (500 kg/cm²), según el tipo de roca con que se trabaje
- Ser resistentes al fuego
- No deben alterarse por los agentes atmosféricos (humedad, sol, lluvia, aire, etcétera)
- No deben ser absorbentes o permeables en más de 4,5 %
- Tener adherencia a los morteros

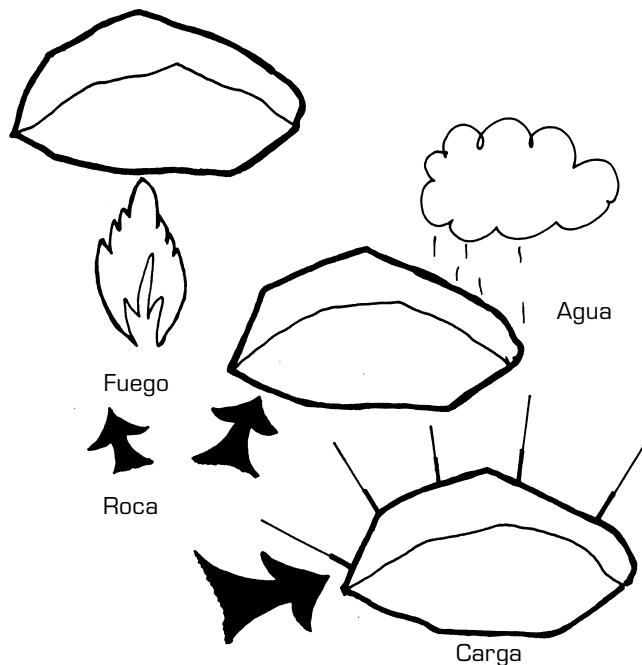


Fig. 1.12 Propiedades de las piedras.

Protección de las piedras

En obras abiertas y cerradas (prefabricados), los áridos deben ser protegidos para evitar su contaminación, tanto en el patio de acopio, como en las canteras. Por lo anterior, se deben tener en cuenta las siguientes medidas de protección en su almacenamiento y durante la transportación:

- Almacenamiento:
 - El terreno debe estar limpio y nivelado
 - Los áridos deben estar separados entre sí, según su tipo
 - En las canteras deben estar separados de la instalación (para evitar contaminación con el polvo)
 - En caso de áridos finos no deben colocarse en lugares altos o pendientes, ni donde se produzcan corrientes de agua
- Transportación:
 - La cama del camión debe estar limpia
 - La carga debe ser tapada con lona
 - Al cargar el material para el camión, no se debe profundizar en el suelo (para evitar contaminación)

1.3.2 Muestreo y ensayos

Según las investigaciones que se han realizado, los áridos para morteros y hormigones hidráulicos deben ser estudiados en relación con la pasta de cemento y agua, ya que formará parte de ellos durante sus vidas útiles. Para lograrlo se debe comenzar por el muestreo a los áridos (piedras y arenas) de las canteras o yacimientos, para posteriormente, realizar una serie de ensayos de laboratorio y determinar si cumplen o no, las especificaciones de calidad que aparecen en las normas técnicas y que deciden su utilización en la ejecución de obras.

Muestreo

Para determinar la calidad y comprobar las propiedades de los áridos es necesario realizarles una serie de ensayos normalizados. Lo anterior se puede lograr comenzando con la toma de muestras representativas de los diferentes tamaños de piedras, que aparecen reflejadas en la tabla 1.1.

El muestreo consiste en tomar una parte representativa de los áridos, para realizar los ensayos correspondientes. La cantidad en kilogramos para muestrear depende del tamaño de las piedras, que aparece en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Muestreo (especificaciones)

Nombres	Límites nominales (mm)	Peso mínimo de la muestra (kg)
Rajón	152-76	6 ejemplares
Rajoncillo macadán	76-38	120
Macadán	63-50	80
Piedra de hormigón	38-5	80
Gravilla	19-5	50
Granito	10-5	10
Arena	5-0,15	10

- Preparación de la muestra:

Después de tomar la muestra representativa de las piedras o las arenas, pasamos a la operación de cuarteo que no es más que la preparación previa que se le realiza a las muestras que serán sometidas a los diferentes tipos de ensayos de laboratorio y su objetivo es homogeneizar y mantener su representatividad.

Existen dos tipos de cuarteo para homogenizar la muestra de áridos que son: el cuarteo manual y el cuarteo mecánico.

- Cuarteo manual:

Las muestras antes de ser sometidas a los distintos ensayos, necesitan de una preparación previa. Se debe tener en cuenta el procedimiento que sigue:

1. La muestra se coloca sobre una superficie lisa, limpia y seca (pala y cuchara).
2. Se mezcla la muestra echando repetidas veces el material de los bordes hacia el centro.
3. Se une todo el material dándole forma circular.
4. Dividimos el material en cuatro partes iguales.
5. Se eliminan las partes opuestas y queda el material reducido a la mitad.
6. Las dos partes restantes se vuelven a mezclar.
7. Se repite la operación de eliminación de las partes opuestas y queda el material necesario para realizar los ensayos (figura 1.13).

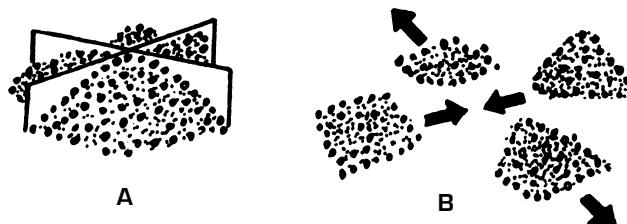


Fig. 1.13 Cuarteo manual de los áridos.

- Cuarteo mecánico:

Existe un aparato que se conoce por el nombre de cuarteadora mecánica y que facilita la operación de cuarteo, que consiste en un cajón metálico con ranuras en su parte superior y separado entre sí; estas descenden en forma de canales y descargan el material hacia cada lado (figura 1.14). el procedimiento para su utilización es el siguiente:

1. Se colocan dos bandejas en la parte inferior para recoger el material (áridos).
2. Se vierte el material de la muestra de áridos por la parte superior; rodará y caerá a partes iguales en ambas bandejas.
3. Se retira una de las bandejas y se coloca una vacía; de la bandeja retirada se vierte el material recibido.
4. Se retira la bandeja que fue colocada en el paso anterior y se coloca otra bandeja vacía y se vierte nuevamente la bandeja retirada
5. Lo anterior se repite dos veces más, quedando el material homogéneo.



Fig. 1.14 Cuarteo mecánico de los áridos.

Ensayos

Los ensayos a que se someten los áridos (piedras y arenas), como a cualquier otro material o producto para la construcción se realizan para determinar sus propiedades y se agrupan en: químicos, físicos y mecánicos (figura 1.15) ver a continuación:

- Ensayos químicos: determinan las propiedades que son evaluadas por la resistencia de los materiales a los ácidos álcalis y soluciones salinas, que pueden provocar reacciones químicas en ellos y causar su deterioro.
- Ensayos físicos: determinan las características relacionadas con el peso y el volumen del material, con su permeabilidad a líquidos y gases, calor y rayos radioactivos.
- Ensayos mecánicos: determinan las propiedades que caracterizan la capacidad de los materiales para resistir esfuerzos a compresión, tracción, impacto, penetración por otros cuerpos y otras acciones en las que intervienen las fuerzas.



Fig. 1.15 Ensayos químicos, físicos y mecánicos.

Ensayos más comunes

Los ensayos de laboratorio más comunes que se les realizan a los áridos para comprobar sus propiedades y su calidad de acuerdo con los parámetros establecidos en las especificaciones de las normas cubanas, se relacionan a continuación:

1. Resistencia a compresión (piedras).
2. Partículas planas y alargadas (piedras).
3. Análisis granulométrico (piedras y arenas).
4. Peso unitario suelto (piedras y arenas).
5. Peso unitario compactado (piedras y arenas).
6. Peso específico (piedras y arenas).
7. Desgaste (piedras).
8. Material más fino que el tamiz no. 200 (0,074 mm).
9. Impurezas orgánicas (arenas).
10. Humedad superficial (arenas).
11. Partículas de arcillas (piedras y arenas).

Ensayos de laboratorio

A continuación se exponen los ensayos de laboratorio que se les realizan a las piedras, para determinar sus propiedades y calidades de acuerdo con las especificaciones que establecen las normas técnicas, donde se tendrá en cuenta: el ensayo, el objetivo, la norma, un comentario técnico, los equipos, medios y utensilios, el procedimiento, el cálculo y las ilustraciones; se seguirá el orden establecido:

Ensayo no. 1: Resistencia a compresión

Objetivo: determinar la carga máxima a compresión que puede soportar un testigo de roca de dimensiones normalizadas (tabla 1.3).

Tabla 1.3 Norma vigente: NC 54/125 Resistencia a la compresión de las rocas

Grado de calidad	Resistencia a compresión de la roca (MPa)	Índice de triturabilidad			
		Rocas sedimentarias		Rocas metamórficas e ígneas (secas y saturadas)	
		Estado seco	Estado saturado	Intrusivas y metamórficas	Efusivas
A	Superior o igual a 80	Inferior o igual a 15	Inferior o igual a 15	Inferior o igual a 25	Inferior o igual a 15
B	Desde 60 hasta 80	Superior a 15 hasta 19	Superior a 15 hasta 20	Superior a 25 hasta 34	Superior a 15 hasta 20
C	Desde 40 hasta 60	Superior a 19 hasta 24	Superior a 20 hasta 28	—	—
D	Desde 20 hasta 40	Superior a 24 hasta 35	Superior a 28 hasta 54	—	—

Recordemos que 1 MPa es igual a 10 kg/cm²

Comentario técnico: en la producción de áridos para morteros y hormigones hidráulicos, la resistencia de la roca ha de ser no menor de 1,5 veces la resistencia del hormigón que se quiere elaborar. Este es un índice útil, pero no es una limitante en la aceptación del árido.

El ensayo de resistencia a la compresión de las rocas, no se realiza en los laboratorios de centros docentes, pues una vez al año se efectúa el muestreo de los frentes de cantera, así como los ensayos correspondientes por la industria de materiales del ministerio de la construcción; se comprueba así su calidad y se emite el certificado anual.

Ensayo no. 2: Partículas planas y alargadas

Objetivo: determinar el contenido de partículas planas y alargadas en los áridos gruesos, obtenidos por la trituración de las rocas (tabla 1.4).

Tabla 1.4 Toma de muestra para partículas planas y alargadas

Pasado por el tamiz (mm)	Retenido en el tamiz		Masa de las partículas que se deberán tomar de cada fracción (g)
	in (")	mm	
76,2	2 $\frac{1}{2}$	63,5	7 000
63,5	2	50,8	6 000
50,8	1 $\frac{1}{2}$	38,1	5 000

Pasado por el tamiz (mm)	Retenido en el tamiz		Masa de las partículas que se deberán tomar de cada fracción (g)
	in ("")	mm	
38,1	1	25,4	4 000
25,4	$\frac{3}{4}$	19,1	1 000
19,1	$\frac{1}{2}$	12,7	700
12,7	$\frac{3}{8}$	9,52	300
9,52	4	4,76	250

Norma vigente: NC 179/2002

Las partículas planas y alargadas de las piedras son aquellas cuya longitud es 4 o más veces otra de sus dimensiones.

Comentario técnico: la forma de las partículas del árido para ser utilizado en hormigones, tiene un gran efecto sobre la facilidad de colocación de la mezcla, lo que contribuye a obtener mejores resistencias a la compresión y la tracción. Se consideran como buenas formas en la piedra la angulosa o cúbica y, mejor aún, la redondeada.

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar
- Bandeja
- Recipiente de (1 a 2 dm³)
- Cuchara
- Balanza técnica con precisión de 1g
- Pie de rey universal, metro o regla (figura 1.16)

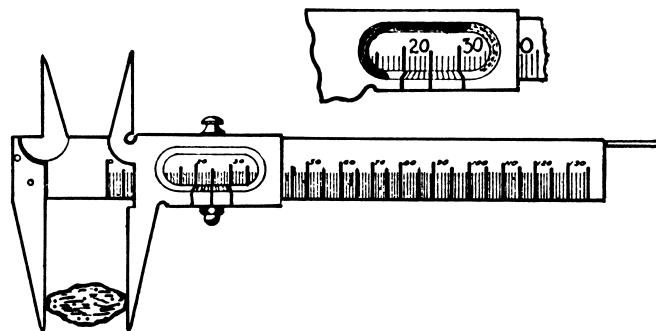


Fig. 1.16 Medición de las partículas planas y alargadas.

Procedimiento:

1. Pesar la cantidad de piedra que se va a ensayar en kg (especificaciones).
2. Se extenderá sobre una superficie limpia la cantidad de piedra pesada.
3. Se separarán a simple vista las partículas planas y alargadas que no ofrezcan dudas de su forma y dimensiones.
4. Medir las piedras que ofrecen dudas en sus dimensiones.
5. Pesar las partículas planas y alargadas.

Cálculo para obtener los resultados:

- Se determina el porcentaje de partículas planas y alargadas mediante la fórmula que sigue:

$$\% \text{ de partículas} = \frac{\text{Peso de planas y alargadas}}{\text{Peso total}} \cdot 100$$

- **Resultados obtenidos:**

Peso total (kg)	% Planas y alargadas	Especificaciones

Ensayo no. 3: Análisis granulométrico

Objetivo: determinar la distribución del tamaño de las partículas de áridos gruesos (piedras), por medio de tamices de aberturas cuadradas o redondas y, a su vez, el tamaño máximo de las piedras.

Norma vigente: NC 178/2002

Se consideran tres clases de calidad de los áridos: I-II-III. En la tabla 1.5 se muestra cada una de ellas.

Tabla 1.5 Partículas planas y alargadas (especificaciones)

Clases de calidad	% de planas y alargadas	Rocas
I	0 a 10	Sedimentarias
	0 a 20	Ígneas
II	10 a 15	Sedimentarias
	20 a 25	Ígneas
III	15 a 20	Sedimentarias
	25 a 30	Ígneas

Comentario técnico: para el hormigón hidráulico es de gran importancia el tamaño de los granos o partículas de los áridos, y específicamente la

proporción en que se encuentran. Estos factores influyen en el comportamiento del hormigón en cuanto a: la facilidad de mezclado, transportación, colocación y compactación (tabla 1.6).

Tabla 1.6 **Granulometría de los áridos gruesos y finos**

Límites nominales de la fabricación en milímetros	no. de Tamiz	Abertura de malla de tamices normalizados		Granulometría en % pasado para la clase de calidad de:		
		mm	Pulgadas	I	II	III
38-19 (piedra hormigón)	1	50,8	2	100	100	100
	2	38,1	1 1/2	90-100	90-100	90-100
	3	25,4	1	20-55	15-65	
	4	19,1	3/4	0-15	0-25	0-30
	5	9,52	3/8	0-5	0-8	
38-13 (piedra hormigón)	1	50,8	2	100	100	100
	2	38,1	1 1/2	90-100	90-100	90-100
	3	19,1	3/4	20-60	15-70	
	4	12,7	1/2	0-15	10-25	0-30
	5	9,52	3/8	0-5	0-8	
25-13 (piedra hormigón)	1	38,1	1 1/2	100	100	100
	2	25,4	1	90-100	90-100	90-100
	3	19,1	3/4	20-55	15-65	
	4	12,7	1/2	0-10	0-20	0-25
	5	9,52	3/8	0-5	0-8	
25-5 (piedra hormigón)	1	38,1	1 1/2	100	100	100
	2	25,4	1	90-100	90-100	90-100
	3	12,7	1/2	25-60	20-70	
	4	4,76	4	0-10	0-15	0-20
	5	2,38	8	0-5	0-8	
19-10 (gravilla)	1	25,4	1	100	100	100
	2	19,1	3/4	90-100	90-100	90-100
	3	12,7	1/2	20-55	15-65	
	4	9,52	3/8	0-15	0-25	0-30
	5	4,76	4	0-5	0-8	
19-5 (gravilla)	1	25,4	1	100	100	100
	2	19,1	3/4	90-100	90-100	90-100
	3	9,52	3/8	20-55	15-65	
	4	4,76	4	0-10	0-20	0-25
	5	2,38	8	0-5	0-8	

13-5 (gravilla)	1	19,1	3/4	100	100	100
	2	12,7	1/2	90-100	90-100	90-100
	3	9,52	3/8	40-70	30-80	25-85
	4	4,76	4	0-15	0-25	0-30
	5	2,38	8	0-5	0-8	0-10
10-5 (granito)	1	12,7	1/2	100	100	100
	2	9,52	3/8	90-100	90-100	90-100
	3	4,76	4	15-35	10-40	
	4	2,38	8	0-10	0-15	0-20
	5	1,19	16	0-5	0-8	
5-0,15 (arena)	1	9,52	3/8	100	100	100
	2	4,76	4	90-100	85-100	80-100
	3	2,38	8	70-100	65-100	60-100
	4	1,19	16	45-80	40-85	35-50
	5	0,59	30	25-60	20-65	15-70
	6	0,297	50	10-30	8-35	5-40
	7	0,149	100	2-10	0-12	0-15

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar (piedras)
- Bandeja
- Cuchara de albañil
- Recipiente (capacidad 1 dm³)
- Balanza técnica (con precisión de 1 g)
- Tamices de aberturas cuadradas o redondas
- Brocha (para limpiar los tamices)

Procedimiento:

1. Se selecciona el juego de tamices correspondiente (según tabla) y se coloca en las columnas: Tamices y Especificaciones.
2. Se pesan 1 000 g de piedra.
3. Se coloca el árido en el tamiz superior y se procede al tamizado (figura 1.17).
4. Se pesa el retenido en cada tamiz y los valores se registran en la columna Retenido parcial, del cuadro granulométrico (figura 1.18).
5. Se procede al cálculo, colocando el resultado en cada columna.

Cálculo para obtener los resultados:

- Se determina el retenido acumulado por tamiz, con la fórmula que sigue:

$$\text{Retenido acumulado} = \text{Retenido parcial} + \text{Retenido acumulado del tamiz anterior}$$

Nota: El primer retenido acumulado siempre será el mismo valor del retenido parcial, porque no existe material acumulado.

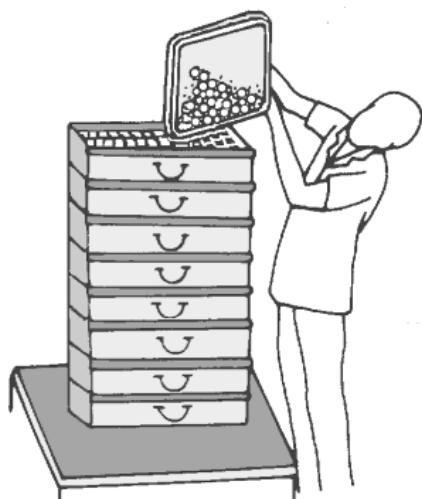


Fig. 1.17 Vertido de las piedras en los tamices.

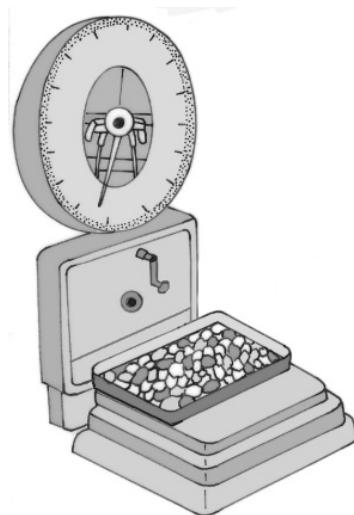


Fig. 1.18 Pesaje de las piedras por tamiz.

- Se determina el porcentaje retenido acumulado por tamiz, con la fórmula que sigue:

$$\% \text{ retenido acumulado} = \frac{\text{Peso retenido acumulado en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \cdot 100$$

- Se determina el porcentaje pasado:

$$\% \text{ Pasado} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

- Se determina el tamaño máximo de las piedras como sigue:

TM = El tamiz anterior del primero que retenga 15 % o más.

Nota: el cumplimiento de las especificaciones.

Resultados obtenidos: los resultados obtenidos de los cálculos anteriores serán registrados en la tabla granulométrica que se muestra a continuación:

Granulometría de las piedras para determinar: tamaño máximo (TM)					
Tamices mm	Retenido parcial	Retenido acumulado	% Retenido acumulado	% pasado	Especificaciones

Bandeja	-				
Total		1 000 g	TM =		

Nota: las especificaciones que se colocan en la tabla, en dependencia del tipo y tamaño de las piedras.

Ensayo no. 4: Peso unitario suelto (PUS)

Objetivo: calcular el peso unitario suelto de los áridos gruesos (piedras), para la conversión de peso a volumen y viceversa, en las dosificaciones de hormigón hidráulico.

Norma vigente: NC 181/2002

Comentario técnico: el peso unitario de un árido, suelto o compactado es la relación que existe entre el peso de una determinada cantidad de material y el volumen ocupado por este; entiéndase como volumen el espacio entre las partículas del árido y sus espacios intergranulares.

El peso unitario suelto se emplea para la conversión de peso a volumen y de volumen a peso; tanto en áridos gruesos, como en finos.

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar (piedras)
- Recipiente (1 dm³)
- Balanza con precisión de 1 g
- Bandeja
- Cuchara o pala
- Varilla de compactación

Procedimiento:

1. Pesar el recipiente (tara; figura 1.19).
2. Se llena el recipiente con el árido y se sitúa desde una altura aproximada de 5 cm, hasta que se desborde.
3. Se enrasa el recipiente con la varilla.
4. Se pesa el recipiente con el árido (figura 1.20).

Cálculos para obtener los resultados:

- Se determina el peso del material en kg, con la fórmula que sigue:

$$\text{Peso del material (kg)} = \text{Peso del recipiente} - \text{Peso del recipiente con las piedras} \quad (\text{tara})$$

Se determina el peso unitario suelto (PUS) de las piedras.

$$PUS = \frac{\text{Peso del material (kg)}}{\text{Volumen dm}^3} \cdot 1\,000$$

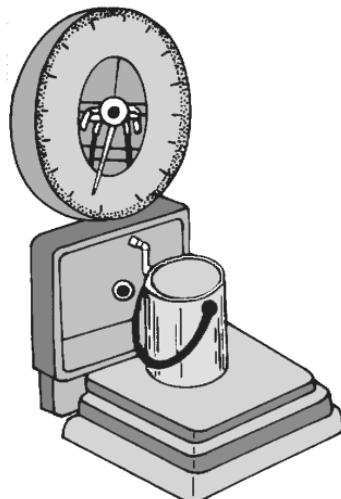


Fig. 1.19 Pesaje del recipiente (tara).

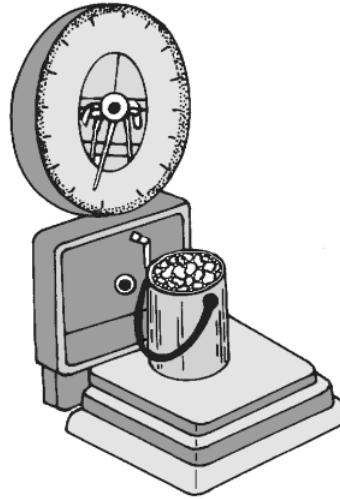


Fig. 1.20 Pesaje del recipiente con las piedras.

Ensayo no. 5: Peso unitario compactado (PUC)

Objetivo: calcular el peso unitario compactado para la conversión de peso a volumen y viceversa, de cantidades de material apilados y que están sujetos a acomodamientos por la acción del tiempo y el tránsito sobre ellos.

Norma vigente: NC 181/2002

Comentario técnico: el valor del PUC se emplea en materiales que están sometidos a las condiciones antes señaladas, así como lluvia, sol y viento. Es importante que este dato es de mucha utilidad para el cálculo del porcentaje de vacío de los materiales.

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar (piedras)
- Recipiente (1 dm³)
- Balanza con precisión de 1 g
- Bandeja
- Cuchara o pala
- Varilla de compactación

Procedimiento:

1. Pesar el recipiente (tara).
2. Se vierte un tercio del árido en el recipiente (figura 1.21).
3. Se le dan 25 hincadas (golpes) con la varilla de compactación (figura 1.22).
4. Se repiten la operación 2 y 3 hasta llenar el recipiente de manera que se desborde.
5. Se enrasta el material y para compensar los espacios vacíos que pueden quedar en la superficie, se llenan con partículas más pequeñas.
6. Se pesa el recipiente con el árido.



Fig. 1.21 Vertido de $\frac{1}{3}$ de las piedras en la cubeta.



Fig. 1.22 Compactación de las piedras en la cubeta.

Cálculos para obtener los resultados:

- Se determina el peso del material en kg, con la fórmula que sigue:
- Peso del material (kg) = Peso del recipiente – Peso del recipiente con las piedras (tara)
- Se determina el peso unitario compactado (PUC) de las piedras

$$PUC = \frac{\text{Peso del material (kg)}}{\text{Volumen dm}^3} \cdot 1000$$

Ensayo no. 6: Peso específico corriente (piedras)

Objetivo: determinar el peso específico corriente, la absorción y el porcentaje de huecos de los áridos empleados en la construcción.

Norma vigente: NC 187/2002

Comentario técnico: el peso específico es la relación en peso entre una determinada cantidad de árido y el mismo volumen pero de agua, teniendo en cuenta como volumen de los áridos, la suma de los volúmenes de la parte sólida y poros permeables e impermeables. También, se emplea para determinar el porcentaje de huecos (vacío).

Los resultados obtenidos pueden influir en los cálculos cuando el peso del árido, sea un factor considerable, ejemplo: en los paneles de aislamiento sonoro, cuando es determinante que los áridos tengan un peso específico bajo o en el caso de la construcción de una presa por gravedad, cuando son necesarios pesos específicos altos.

Equipos, medios y utensilios:

- Material a ensayar (piedras)
- Cuchara
- Recipiente
- Balanza con precisión de un gramo
- Bandeja
- Estufa
- Paño
- Balanza hidrostática con cesto de alambre

Procedimiento:

1. Se seca la muestra de piedras en la estufa a temperatura de 100 °C-10 °C, hasta peso constante.
2. Se pesan las piedras secas en el aire (A).
3. Se sumerge las piedras en agua 24 h.
4. Pasado ese tiempo; secar con un paño el material para retirar la humedad superficial.
5. Se pesa el material saturado en el aire (B).
6. Se pesa el material saturado en el agua (C) ver figura 1.23

Cálculos para obtener los resultados:

- Se determina el peso específico corriente (PEc)

$$PEc = \frac{A}{B - C}$$

Nota: El resultado obtenido es adimensional por ser relativo al agua.

- Se determina el porcentaje de absorción.

$$\% \text{ Abs.} = \frac{B - A}{A} \cdot 100$$

- Se determina el porcentaje de huecos (vacío)

$$\% \text{ Huecos} = \frac{PEc - PUC}{PEc} \cdot 100$$

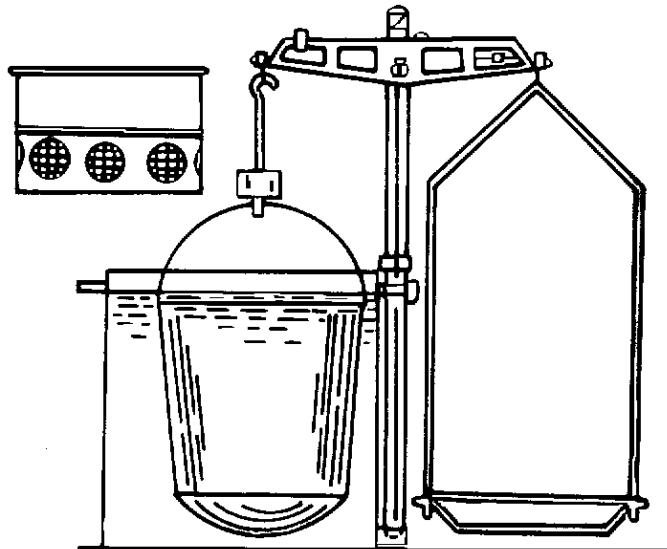


Fig. 1.23 Pesaje de las piedras saturadas en el agua.

Resultados obtenidos:

Ensayos físicos (áridos gruesos)			
Denominación	Resultados	Especificaciones	C
Peso unitario suelto (PUS)			
Peso unitario compactado (PUC)			
Peso específico corriente (PEc)		> 2,5	
% de absorción		> 4,5	
% de huecos (vacío)			

Ensayo no. 7: Abrasión

Objetivo: determinar la resistencia a la abrasión (desgaste) de la roca triturada (en piedras), por medio de la máquina de Los Angeles (figura 1.24).

Norma vigente: NC 188/2002

Comentario técnico: los áridos utilizados en la construcción deberán tener una adecuada resistencia a la abrasión (desgaste), que garantice la no excesiva fragmentación de las piedras durante su manipulación y uso como: en pisos industriales, pavimentos sometidos a tráficos viales, etcétera.

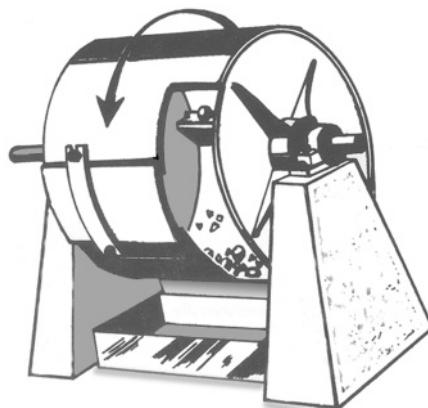


Fig. 1.24 Máquina de Los Ángeles.

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar (piedras)
- Máquina de Los Ángeles
- Bolas de acero

Procedimiento:

1. Este ensayo consiste en introducir una cantidad determinada de piedras dentro de un cilindro metálico, que contiene en su interior bolas de acero.
2. El cilindro se pondrá a girar hasta un determinado número de revoluciones por minutos (parecido a un bombo), durante 15 min a 30 min.

Ensayo no. 8: Material más fino que el tamiz 0,074 mm (no. 200)

Objetivo: determinar la cantidad total de finos existentes en los áridos y que pasa por el tamiz 0,074 mm (no. 200).

Norma vigente: NC 182/2002

Comentario técnico: cuando este material se encuentra en exceso en los áridos, tiende a adherirse a las partículas de mayor tamaño e impide una buena unión con la pasta de cemento y agua. Esto trae como resultado baja resistencia a los esfuerzos mecánicos de los hormigones hidráulicos (figura 1.25).

Ensayo no. 9: Partículas de arcillas

Objetivo: determinar el porcentaje de terrones de arcilla en los áridos.

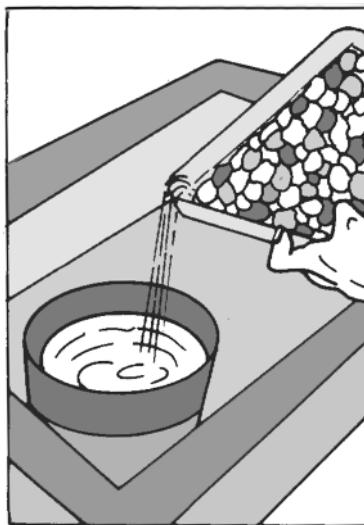


Fig. 1.25 Agua de lavado pasada por un juego de tamices.

Norma vigente: NC 179/2002

Comentario técnico: En los áridos se consideran perjudiciales los terrones de arcillas hasta 1 %, ya que afecta la resistencia a compresión de morteros y hormigones hidráulicos.

1.4 Arenas naturales

Por la importancia que tiene la utilización de las arenas para morteros y hormigones hidráulicos en la construcción es conveniente realizar su estudio de forma detallada.

De acuerdo con la clasificación de las piedras observadas en el cuadro anterior, las arenas forman parte de ellas como un caso particular; por lo que las podemos definir como: material granular procedente de las rocas trituradas natural o artificialmente, cuyas dimensiones se encuentran entre 4,76 mm hasta 0,149 mm.

Características

Se conoce que las arenas forman parte de las piedras por su tamaño, pero, por ser las más pequeñas relativamente, se presentan de dos formas: angulosas (trituración artificial) y redondeadas (trituración natural) y difieren también en sus características por su finura como: gruesas, intermedias y finas. En cuanto a sus propiedades y protección, las arenas tanto en las canteras como en obras abiertas y cerradas (prefabricado), son las mismas de las piedras.

1.4.1 Clasificación de las arenas, limitaciones de las de mar y usos

La clasificación de las arenas es amplia, en dependencia de su aplicación práctica y las consideraciones de los autores de los libros (figura 1.26); por lo que para su estudio la dividiremos en tres grandes grupos: por su yacimiento, por su composición química-mineralógica y por su finura; además, abordaremos el caso particular de las limitaciones y usos de las de mar. La clasificación se hará teniendo en cuenta lo siguiente:

- Por su yacimiento (figura 1.26):
 - De río: se encuentran en el cauce, margen o desembocadura
 - De mar: se hallan en el mar, en las costas o cerca de ellas
 - De minas: se encuentran en lugares alejados del río o del mar, como en el desierto
 - De cantera: se extrae por medio de la trituración artificial de las rocas
- Por su composición química-mineralógica:
 - Cuarzosas: predomina el cuarzo (minas Sábalo, Pinar del Río)
 - Silíceas: predominan los silicatos (río Arimao, Cienfuegos)
 - Calcáreas: predomina la caliza (litoral Habana-Matanzas)
 - Mica: predomina la mica
 - Feldespato: predomina el feldespato
- Por su finura:
 - Fina: cuando el módulo de finura es menor de 2,30
 - Media: cuando el módulo de finura se encuentra entre 2,30 y 3,45
 - Gruesa: cuando el módulo de finura es mayor de 3,45

Debemos recordar que las arenas al ser un caso particular de las piedras, por su tamaño nominal menor de 5 mm, y obtenerse de diferentes formas y lugares, mantienen las mismas propiedades y protección (sobre todo las de canteras). Es por ello, que se estudiarán con más interés, las arenas de mar por su importancia en nuestro país.

Arenas de mar

Las arenas o áridos finos, como también se conocen para la construcción, pueden ser de diferentes fuentes (río, mar, minas y canteras); por lo que la selección de la fuente responde a razones fundamentalmente económicas relacionadas con la transportación al lugar de empleo y menor procesamiento tecnológico posible.

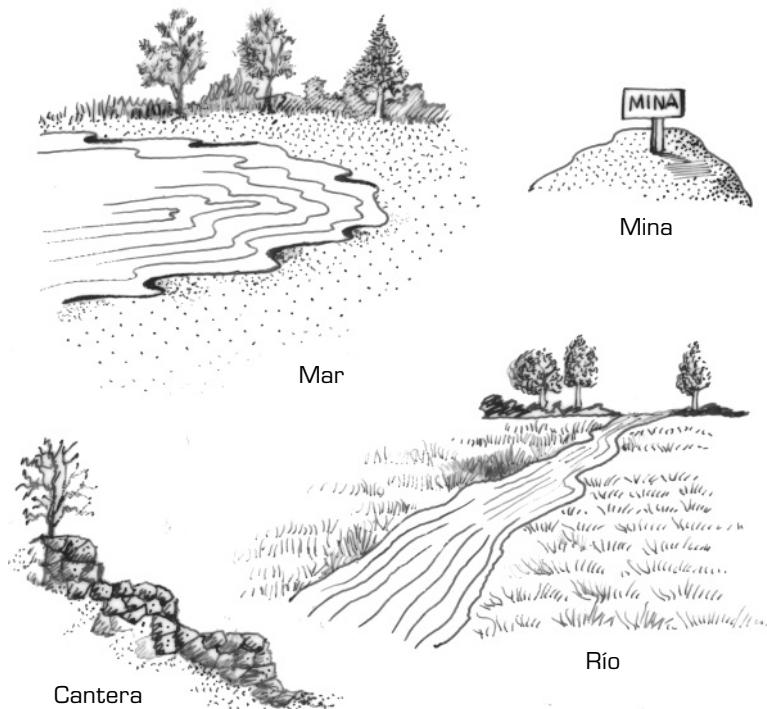


Fig. 1.26 Clasificación de las arenas por su yacimiento.

En Cuba, por la gran necesidad que se tiene de desarrollar al país a través de las construcciones, y a la vez por ser una isla, se utiliza arena de mar, que presentan dos grandes problemas: su finura y el contenido de sal (cloruro de sodio) que presentan.

Perjudicial para hormigones armados utilizados en cimentaciones y estructuras. Las Normas Cubanas dictadas, proponen limitaciones al efecto y regulan su uso, como se puede apreciar a continuación:

Limitaciones

Como limitaciones podemos encontrar los siguientes:

- Deben cernirse a través de un tamiz o zaranda con aberturas no mayores de 5 mm
- Para su empleo en hormigones armados, deben mezclarse con arena triturada de cantera; para reducir el contenido de sales que contienen
- Deben lavarse de ser posible para eliminar las sales que contienen
- Se prohíbe el uso en hormigones reforzados

Usos de las arenas de mar

Las arenas de mar tienen múltiples usos en la construcción, y por su conocido contenido de cloruro de sodio se pueden utilizar, sin mezclar, para la elaboración de productos que no necesiten acero de refuerzo. A continuación se exponen sus formas de empleo.

- Arena de mar no mezclada:

- En morteros para paredes que no estén expuestas a la humedad, debido a la eflorescencia (nata blancuzca en las superficie de las paredes)
- En morteros para albañilería
- En resanar paredes, tanto en bloques de hormigón como de ladrillos de cerámica
- En hormigones hidráulicos de resistencia característica no mayor de 25 MPa (250 kg/cm²)
- En obras de hormigones masivos, hormigones para relleno, contenes y aceras, pisos de almacenes

- Arena de mar mezclada:

- Se mezcla en proporción de hasta 30 % con otra arena natural de trituración artificial (cantera), con menos de 0,4 % de cloruro de sodio (sal común)
- Bajo determinadas condiciones puede mezclarse hasta 40 % con otros tipos de arenas

Con las condiciones anteriores puede utilizarse en los objetivos de obras siguientes:

- Sin limitaciones en hormigones hidráulicos de relleno y prepiso, sin armaduras de refuerzo
- En cualquier tipo de obra de hormigón armado con resistencia características inferior a 25 MPa (250 kg/cm²)

En obras hidráulicas fluviales con cuantías de acero de refuerzo no mayor de 17,5 MPa (175 kg/cm²) no debe usarse en los objetos de obras siguientes:

- Terminaciones de acabado especial
- En cualquier tipo de obra con resistencia característica mayor de 25 MPa (250 kg/cm²)
- En cualquier tipo de obra de hormigón armado con cuantías de acero mayor a 1,5 %

1.4.2 Muestreo y ensayos

A los áridos finos (arenas) como a los áridos gruesos (piedras), también se les realiza el muestreo y una serie de ensayos; algunos de ellos son similares. Siguiendo el orden establecido con las piedras los reflejaremos con las arenas:

Muestreo de las arenas

Para determinar la calidad y comprobar las propiedades de las arenas, es necesario realizarles una serie de ensayos normalizados, comenzando con la toma de muestras representativas de los diferentes tipos.

El muestreo consiste en tomar una parte representativa de las arenas, para realizar los ensayos correspondientes. La cantidad en kilogramos que se va a muestrear se puede observar en la tabla 1.2.

La preparación de las muestras de las arenas se realiza siguiendo el mismo procedimiento que las piedras, partiendo del cuarteo manual o mecánico, según las posibilidades con que cuente el laboratorio para obtener la homogeneidad.

Ensayos de las arenas

Algunos de los ensayos normalizados que se les realizan a las arenas son similares a los de las piedras, siguiendo la misma estructura observada como se muestra a continuación:

Ensayo no. 1: Resistencia a compresión

Este ensayo solo se le realiza a las piedras.

Ensayo no. 2: Partículas planas y alargadas

Este ensayo solo se le realiza a las piedras.

Ensayo no. 3: Análisis granulométrico

Objetivo: determinar la distribución de tamaños de las partículas de áridos finos (arenas), por medio de tamices de aberturas cuadradas o redondas y, a su vez, el módulo de finura de las arenas.

Norma vigente: NC 178/202

Se consideran tres tipos de calidad de los áridos: I-II-III

Comentario técnico: para los morteros y hormigones hidráulicos es de gran importancia el tamaño de los granos o partículas de los áridos, específicamente la proporción en que se encuentran y, específicamente las arenas por su índice de finura. Estos factores influyen en el comportamiento del hormigón en cuanto a la facilidad de mezclado, transportación, colocación y compactación.

Equipos medios y utensilios:

- Material para ensayar (arena)
- Bandeja
- Cuchara de albañil
- Recipiente (capacidad 1 dm³)
- Balanza técnica (con precisión de 1 g)
- Juego de tamices de aberturas cuadradas o redondas
- Brocha (para limpiar los tamices)

Procedimiento:

1. Se selecciona el juego de tamices correspondiente (según tabla), y se coloca en las columnas: Tamices y Especificaciones.
2. Se pesan 500 g de piedra.
3. Se coloca el árido en el tamiz superior y se procede al tamizado (figura 1.27).
4. Se pesa el retenido en cada tamiz y los valores se registran en la columna Retenido parcial del cuadro granulométrico.
5. Se procede al cálculo y se coloca el resultado en cada columna.
6. Se obtiene el módulo de finura de las arenas (MF).

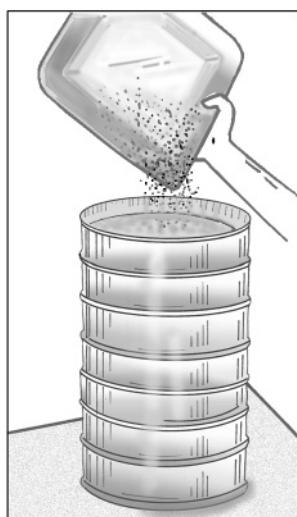


Fig. 1.27 Vertido de arena en el juego de tamices.

Cálculo para obtener los resultados:

En este ensayo se realizan los mismos cálculos que se desarrollaron en la granulometría de las piedras, exceptuando en el tamaño máximo, que no se le realiza a las arenas, sino que se calculará el módulo de finura, como aparece en el cuadro granulométrico.

Resultados obtenidos:

Las especificaciones de las arenas, a diferencia de las piedras siempre van a ser las mismas, ya que se determina su módulo de finura (ver tabla 1.7).

Tabla 1.7 Granulometría de las arenas para determinar: módulo de finura

Tamices mm	Retenido parcial	Retenido acumulado	% Retenido acumulado	% pasado	Especificaciones % pasado Clase I
9,52-2					100
4,76-4					90-100
2,38-8					70-100
1,19-16					45-80
0,59-30					25-60
0,29-50					10-30
0,15-100					2-10
Bandeja				-	-
Total		500 g	MF = $\frac{\text{Suma \% retenido acumulado}}{100}$		

- Especificaciones del módulo de finura de las arenas:
 - **Fina:** El módulo de finura es menor de 2,30
 - **Media:** El módulo de finura se encuentra entre 2,30 y 3,45
 - **Gruesa:** El módulo de finura es mayor de 3,45

Representación gráfica de la arena:

Una vez determinado el módulo de finura de las arenas, estas se pueden representar gráficamente, utilizando el porcentaje de pasado por cada tamiz y comparándola con las especificaciones, como se muestra en la tabla 1.8.

Tabla 1.8 Representación gráfica de las arenas

% Pasado							
100							
90							
80							

% Pasado							
70							
60							
50							
40							
30							
20							
10							
0							
Tamiz:	0,149 mm	0,29 mm	0,59 mm	1,19 mm	2,38 mm	4,76 mm	9,52 mm

Ensayo no. 4: Peso unitario suelto (PUS)

Para este ensayo en las arenas, se sigue el mismo procedimiento que el de las piedras.

Ensayo no. 5: Peso unitario compactado (PUC)

Para este ensayo en las arenas, se sigue el mismo procedimiento que el de las piedras.

Ensayo no. 6: Peso específico corriente (arenas)

Objetivo: determinar el peso específico corriente, la absorción y el porcentaje de huecos de los áridos empleados en la construcción.

Norma vigente: NC 186/202

Comentario técnico: peso específico, es la relación en peso entre una determinada cantidad de árido y el mismo volumen pero de agua; se tiene en cuenta como volumen de los áridos, la suma de los volúmenes de la parte sólida y poros permeables e impermeables. También se emplea para determinar el porcentaje de huecos (vacío).

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar (arenas)
- Cuchara
- Secador para arenas (corriente de aire caliente)
- Balanza con precisión de un gramo
- Bandeja y recipiente
- Molde tronco cónico y pisón

- Frasco volumétrico graduado y varilla de cristal
- Estufa

Procedimiento:

1. Se pesan 1 000 g de arena para ensayar.
2. Se coloca el material en una bandeja con agua durante 24 horas.
3. Se coloca el material en una superficie plana expuesta a una corriente de aire caliente y se agita frecuentemente.
4. Cuando transcurra cierto tiempo, se coloca el material suelto en el molde tronco cónico y cuando este esté lleno se aplican 25 golpes (figura 1.28 a).
5. El molde es levantado y si conserva su forma la arena, tiene humedad superficial; se repite lo anterior hasta que se desmorone el cono de árido fino (figura 1.28 b).
6. Se pesan 500 g de árido fino, sin humedad superficial.
7. Se coloca en el frasco volumétrico con 200 mL de agua (volumen inicial (V_i) (figura 1.29).
8. Se vierte el material en el frasco y se agita en movimiento de vaivén (figura 1.30).
9. Se deja reposar el frasco y se lee el volumen ocupado por el mismo (volumen final (V_f) (figura 1.31).
10. Se extrae el árido fino del frasco y se seca en una estufa, a temperatura de 105-110 grados centígrados a peso constante.
11. Se dejará enfriar a temperatura ambiente y se pesa (A).

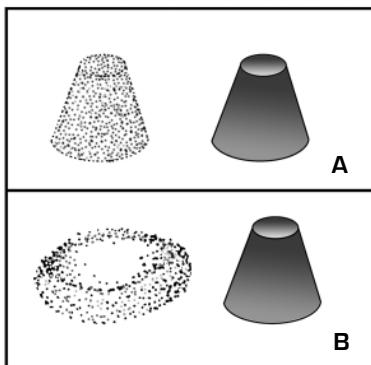


Fig. 1.28 Molde tronco cónico y pisón.

Cálculo para obtener los resultados:

- Se determina el peso específico corriente (PEc)

$$PEc = \frac{A}{V_f - V_i}$$

Nota: El resultado obtenido es adimensional por ser relativo al agua

- Se determina el porcentaje de absorción

$$\% \text{ Abs.} = \frac{500 - A}{A} \cdot 100$$

- Se determina el porcentaje de huecos (vacío)

$$\% \text{ Huecos} = \frac{PEc - PUC}{PEc} \cdot 100$$

Resultados obtenidos:

Ensayos físicos (áridos finos)			
Denominación	Resultados	Especificaciones	Cumple
Peso unitario suelto (PUS)			
Peso unitario compactado (PUC)			
Peso específico corriente (PEc)		> 2,5	
% de absorción		> 4,5	
% de huecos (vacío)			

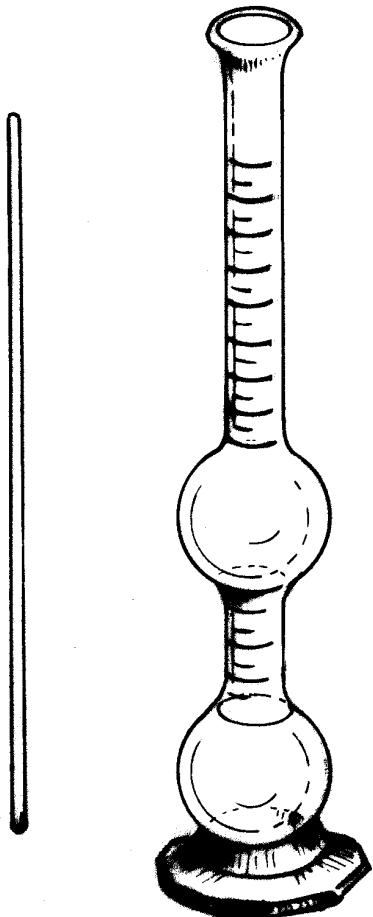


Fig. 1.29 Frasco volumétrico graduado y varilla de cristal.

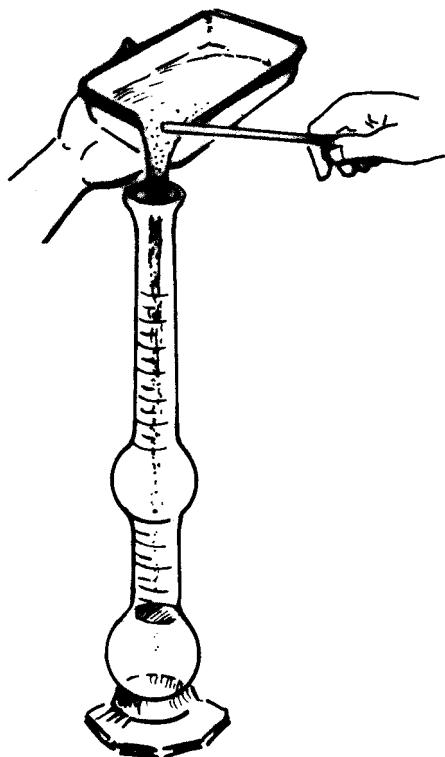


Fig. 1.30 Vertido de la arena en el frasco.

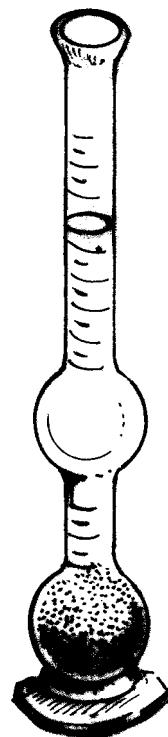


Fig. 1.31 Lectura en la escala del volumen de agua en el frasco.

Ensayo no. 7: Abrasión

Este ensayo no se realiza a los áridos finos (arenas).

Ensayo no. 8: Material más fino que el tamiz 0,074 mm (no. 200)

Este ensayo no se realiza a los áridos finos (arenas).

Ensayo no. 9: Partículas de arcillas

Para este ensayo en las arenas, se sigue el mismo procedimiento que el de las piedras.

Ensayo no. 10: Humedad superficial

Objetivo: determinar la humedad superficial de las arena mojadas.

Comentario técnico: el resultado del ensayo de humedad superficial en las arenas es de gran importancia para las dosificaciones de morteros

y hormigones hidráulicos, ya que permite determinar el porcentaje de agua que poseen.

Ensayo no. 11: Impurezas orgánicas

Objetivo: determinar la presencia de materias orgánicas en los áridos finos (arenas).

Comentario técnico: las impurezas orgánicas en los áridos finos se constituyen mayormente por partículas de humus, donde una parte de este es ácido y perjudica la reacción normal del cemento con el agua, y afecta la calidad de los morteros y hormigones hidráulicos (figura 1.32).



Fig. 1.32 Patrones de colores para determinar las impurezas orgánicas.

1.5 Polvo de piedra

Llamamos polvo de piedra al residuo obtenido como resultado de la trituración de las piedras en las instalaciones de canteras. Su importancia radica en su empleo como *filler* (fino) en las mezclas de hormigón asfáltico, que se utilizan en la pavimentación de los viales.

Para la pavimentación de carreteras se emplean mezclas de hormigón asfáltico, que están constituidas por áridos gruesos, finos y *filler* (partículas que pasen por el tamiz 0,074 mm (no. 200).

Características

Es un polvo mineral desprendido de los áridos y no contiene sustancias orgánicas, ni partículas de arcilla, por lo que no es plástico; su empleo más generalizado es en mezclas asfálticas.

Obtención

Como se conoce, el polvo de piedra en cantidades determinadas puede perjudicar a las mezclas del hormigón hidráulico; sin embargo para las mezclas de hormigón asfáltico no ocurre lo mismo: se emplea proporciones adecuadas.

En aquellas canteras que producen piedras para las mezclas de hormigones asfálticos, se utilizan métodos industriales para obtener determinadas cantidades en la propia instalación de la cantera.

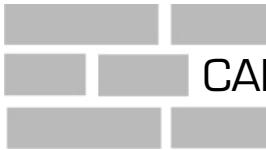
Funciones

El polvo de piedra en las mezclas asfálticas tiene varias funciones, a pesar de ser empleado en proporciones muy pequeñas (5 %); las más importantes son:

- Aportar una mayor docilidad a la mezcla (laborabilidad)
- Reducir la rigidez de la mezcla
- Disminuir la plasticidad (reduce el porcentaje de asfalto y *filler*)
- Disminuir el costo de las mezclas

Usos

El uso más generalizado del polvo de piedra es como fino, en la fabricación de hormigones asfálticos, los cuales son empleados en pavimentaciones de los distintos tipos de viales, que tanta importancia tienen en el desarrollo de un país.



CAPÍTULO 2

Materiales aglomerantes y agua para pastas, morteros y hormigones hidráulicos

En el capítulo anterior se trataron los áridos (piedras y arenas), entre los cuatro componentes más importantes para la elaboración de las pastas, los morteros y hormigones hidráulicos; ahora continuamos con otros, no menos importantes: el yeso, la cal y el cemento hidráulico, además del agua, que forman la pasta necesaria para aglutinar y poder elaborar los productos propuestos en el título de este capítulo.

2.1 Aglomerantes

Desde el mismo comienzo de la civilización humana, el hombre necesitó de la construcción para poder protegerse de las inclemencias del tiempo. Al principio, colocó piedras que encontraba unas sobre otras, pero para lograr una adecuada resistencia comenzó la búsqueda de materiales que pegaran o unieran y además, llenaran los espacios que quedaban entre las piedras; y se originó la aparición de los aglomerantes.

Los aglomerantes son aquellos materiales que tienen la propiedad de adherirse a otros, y se emplean en la construcción para unir, pegar o entrelazar los demás materiales formando pastas, morteros y hormigones con cierta plasticidad, que permite moldearlos y después de endurecer adoptan un estado sólido.

En la actualidad, el técnico debe ser capaz de seleccionar el aglomerante adecuado para la fabricación de determinados productos con la calidad requerida; además de poder solucionar los problemas que como constructor se le presente, relacionados con los aglomerantes.

El hombre, en el decurso del tiempo, observó que en determinados lugares, ciertas piedras blancas que se ponían en contacto con el fuego, se machacaban y se convertían en polvo y al añadirseles agua formaban una pasta que pegaba a otros materiales; así pudo descubrir el yeso y la cal, aglomerantes más empleados en la antigüedad.

Hasta finales del siglo XVIII, la mayoría de los aglomerantes hidráulicos utilizados en las construcciones fueron el yeso y la cal. Al comienzo del siglo XIX se patentiza el cemento hidráulico y se desarrollan las cales hidráulicas. Debemos destacar también, que a finales de este mismo siglo comienzan a emplearse los aglomerantes hidrocarbonatos (asfaltos) que se utilizan en la pavimentación de los viales.

Actualmente, el desarrollo de la química ha permitido la creación de un gran número de productos; dentro de los que se encuentran las resinas epóxicas como aglomerante.

Clasificación de los aglomerantes

Existen diferentes criterios en cuanto a la clasificación de los aglomerantes. Si consideramos el origen de las materias que los componen y la aplicación que tienen en la construcción, lo dividiremos para su estudio en dos grupos:

- Aglomerantes inorgánicos: se obtienen a partir de determinadas sustancias como el silicio, el calcio, el aluminio, etc.; están contenidos en ciertos tipos de rocas calizas y arcillosas que en combinaciones adecuadas y sometidas al calor adquieren propiedades adherentes. Pueden ser:
 - Aéreos: endurecen en contacto con el aire como el yeso y la cal (el agua no les permite endurecer y los reblanquea).
 - Hidráulicos: endurecen en contacto con el aire y el agua como el cemento (se incluyen las cales hidráulicas y las puzolanas que al mezclarlas con cales dan un producto hidráulico).
- Aglomerantes orgánicos: se obtienen de determinadas sustancias de origen animal o vegetal como el petróleo, la hulla o la madera; y convenientemente tratados adquieren propiedades adherentes. Entre ellos:
 - Hidrocarbonatos: endurecen por enfriamiento o evaporación de sus disolventes, como los cementos asfálticos.
 - Resinas: endurecen por enfriamiento, presión o reacción entre los componentes, como las epóxicas.

2.2 Yeso

El yeso es uno de los más antiguos materiales empleados en la construcción, que en el período neolítico, con el dominio del fuego por parte del hombre, comenzó a elaborar el yeso, unir piezas de mampostería y sellar juntas de muros en las viviendas, entre otras actividades constructivas, que sustituyeron al mortero de barro.

En Çatal-Huyuk, durante el milenio IX a. n. e. se encontraron guarnecidos de yeso y cal, con restos de pinturas al fresco. En la antigua Jericó, en el milenio VI a. n. e. se usó yeso moldeado.

En el antiguo Egipto se utilizó el yeso para sellar las juntas de la gran pirámide de Guiza; durante la edad media, en la región de París, se empleó en revestimientos y tabiques; además, se le dió gran uso para decoraciones en el renacimiento y durante el período barroco fue muy utilizado el estuco de yeso ornamental.

Durante el siglo XVIII su empleo se generaliza en Europa y, el científico Lavoisier presentó el primer estudio científico del yeso, en la academia de ciencias. Posteriormente, Vant' Of. y Le Chatelier aportaron estudios y descubrieron los procesos de deshidratación del yeso con ensayos de los laboratorios de la época.

Características del yeso

El yeso es un material de color blanco, textura fina y baja dureza, que se obtiene por calcinación del sulfato de calcio hidratado o piedra de algez; como aglomerante se presenta pulverizado y envasado en bolsas de papel; además, se adhiere poco a las piedras y la madera; también ayuda a la oxidación del hierro. Por su debilidad ante el agua y la humedad no debe utilizarse a la intemperie porque se reblanquece; además, puede ser tanto de fraguado lento como rápido, por lo que se debe tener cuidado al trabajarla, sobre todo en objetos ornamentales para el moldeo y poder reproducirlo con la calidad requerida en los detalles, ya que la masa de cristales aumenta y se dilata al fraguar.

2.2.1 Composición química y obtención

Composición química del yeso

La piedra de yeso (algez o yeso crudo) está compuesta por sulfato de calcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Forma una red cristalina con capas de átomos de calcio y de sulfato separadas por capas de moléculas de agua.

Las rocas de donde se extraen las piedras de yeso se encuentran abundantes en la naturaleza, en terrenos sedimentarios que contienen el 79,07 % de sulfato de calcio hidratado y el 20,93 % de agua y aumentan su volumen entre 30 % y 50 %. El peso específico es 2,9 con relación al agua y su dureza en la escala de Mohs es de 2.

Obtención del yeso

El algez o piedra de yeso se deshidrata en hornos a menos de 150 °C (perde moléculas de agua), ya convertido en polvo forma el aglomerante,

por lo que se define como producto resultante de la deshidratación parcial o completa del algez, que reducida a polvo y amasada con agua, recupera el agua de cristalización y se endurece.

Si se aumenta la temperatura hasta lograr el desprendimiento total de agua, fuertemente combinada, se obtienen durante el proceso diferentes yesos empleados en la construcción, los que de acuerdo con las temperaturas crecientes de deshidratación pueden ser:

- Temperatura ordinaria: piedra de yeso o sulfato de calcio bihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 107 °C: formación de sulfato de calcio hemihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
- 107 °C-200 °C: desecación del hemihidrato, con fraguado más rápido que el anterior: yeso comercial para estuco
- 200 °C-300 °C: yeso con ligero residuo de agua, de fraguado lentísimo y de gran resistencia
- 300 °C-400 °C: yeso de fraguado aparentemente rápido, pero de muy baja resistencia
- 500 °C-700 °C: yeso anhidro o extracocido, de fraguado lentísimo o nulo: yeso muerto
- 750 °C-800 °C: empieza a formarse el yeso hidráulico
- 800 °C-1 000 °C: yeso hidráulico normal o de pavimento
- 1 000 °C-1 400 °C: yeso hidráulico con mayor proporción de cal libre y fraguado más rápido

2.2.2 Clasificación, propiedades, protección y usos

Clasificación del yeso

La clasificación del yeso para la construcción en Cuba se rige por las normas cubanas, en dependencia de su empleo en la ejecución de obras constructivas se divide en dos grupos:

- De acuerdo con la temperatura a que se somete en el horno:
 - Semihidratado: son los más usados en la construcción
 - Anhidros: pierden totalmente el agua
- De acuerdo con su aplicación:
 - Con aditivos
 - Industriales
 - Artesanales
 - Tradicionales o multifases

Propiedades del yeso

Las propiedades del yeso son:

- Al fraguar se dilata y aumenta su volumen.
- Su velocidad de fraguado es rápida, pero admite que se le agreguen sustancias que lo retarden o aceleren.
- Es soluble en agua (se reblandece y degrada).
- Absorbe el agua y cristaliza; forma una pasta que amasada con agua se endurece con el tiempo.
- A la pasta también se le puede agregar arena en proporciones adecuadas y se forma un mortero de yeso de baja resistencia para trabajos interiores.
- Aumentando el calor de desecación, se obtienen distintos tipos de yeso.

Protección del yeso

Para poder conservar los productos obtenidos con el yeso, es necesario protegerlo por las limitaciones que presenta:

- No debe utilizarse a la intemperie (la humedad y el agua lo reblandece).
- Protege las maderas y al hierro del fuego.
- Utilizarlo como aislante del sonido en interiores.
- Es de fraguado rápido; se debe emplear para el moldeo.
- En interiores, reproduce bien los detalles del moldeo.
- Las bolsas que contienen yeso deben almacenarse en lugares secos, separados del suelo y las paredes.

Usos del yeso

Tienes múltiples usos como pueden ser:

- Es utilizado profusamente en construcción como pasta para guarnecidos, enlucidos y revocos; como pasta de agarre y de juntas (figura 2.1).
- También es utilizado para obtener estucados y en la preparación de superficies de soporte para la pintura artística al fresco.
- Prefabricado, como paneles de yeso (*Dry Wall o Sheet Rock*) para tabiques, y escayolas para techos.
- Como aislante térmico, pues el yeso es mal conductor del calor y la electricidad.
- Para confeccionar moldes de dentaduras, en odontología y para usos quirúrgicos en la regeneración ósea.
- En los moldes utilizados para preparación y reproducción de esculturas
- En la elaboración de tizas para escritura.

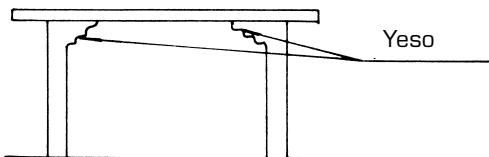
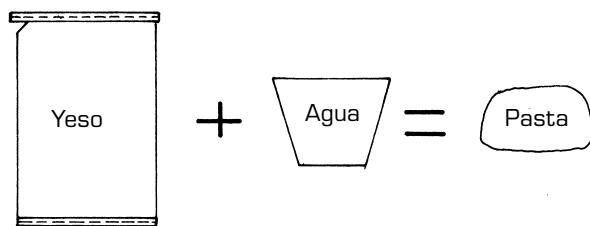


Fig. 2.1 Aplicación del yeso en la construcción.

2.3 Cal

La cal se define como el hidrato de calcio o cal, apagada, producto de la descomposición por el calor y su posterior hidratación de las rocas puras de carbonato de calcio o piedra caliza. Es uno de los materiales conglomerantes más utilizado a lo largo de la historia, tanto en la construcción como en la creación artística (sobre todo, por su empleo en la pintura mural).

Su uso se remonta al neolítico y se extiende, de manera generalizada, hasta la aparición del cemento a nivel comercial, en el siglo xix; también para pintar (encalar) muros y fachadas de los edificios construidos con adobes o tapial, habitual en las antiguas viviendas mediterráneas. En algunos países de Latinoamérica, la cal se utiliza para el proceso de nixtamal, utilizado para hacer sémola de maíz y masa para tortillas.

Las rocas compuestas por carbonato de calcio, llamadas calizas, son muy duras y de color blanco; podemos citar “el diente de perro” o rocas que forman las orillas de algunas costas, que al partirlas, se observan su blancura. Desde la antigüedad, el hombre descubrió que al calentarlas se ablandaban y se podían pulverizar, obtenía un interesante producto que procesado originó el aglomerante más utilizado hasta el descubrimiento del cemento hidráulico.

La cal es un producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio; en ese estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y si se apaga al tratarla con agua recibe, entonces, el nombre de cal apagada (hidróxido de calcio).

Este aglomerante amasado con agua y mezclado con arena, en proporciones adecuadas, forma el llamado mortero de cal o argamasa; comenzando un lento proceso de fraguado y endurecimiento, donde absorbe el dióxido de carbono del aire y con el tiempo, vuelve a constituirse en el original carbonato de calcio (en la Fortaleza del Morro se empleó la cal como aglomerante).

Características de la cal

La cal es un polvo muy blanco que al añadirle agua en exceso, se obtiene la lechada, que se utiliza para pintar y cuando se endurece forma una pasta conocida con el nombre de masilla. Se presenta finamente pulverizada en sacos con la denominación de hidrato de calcio (figura 2.2).

Una de las características más importante como aglomerante de la cal hidráulica es que difiere a las del cemento y el yeso hidráulico, las cuales podemos apreciar porque es un polvo de color blanco, absorbente al carbono, su endurecimiento es lento.

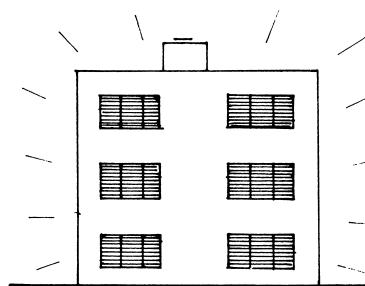
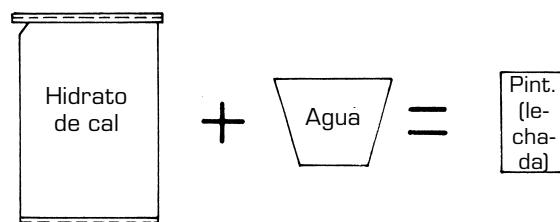


Fig. 2.2 Aplicación de la cal en la construcción.

2.3.1 Obtención y composición química

Obtención de la cal

La obtención de la cal hidráulica tiene un proceso parecido al de la obtención de los áridos; ambos comienzan en su extracción en las canteras, donde se encuentra la materia prima; proceso que se lo describe a continuación:

1. Extracción: se desmonta el área que se va a trabajar y se lleva a cabo el descapote; posteriormente, se barrena y aplica el plan de minado diseñado; se realiza la carga de explosivos y se procede a la voladura primaria: moneo, tumbe y rezagado; después, carga y acarreo a la planta de trituración.
2. Trituración: proceso que arrojará como producto trozos de menor tamaño, que serán calcinados en hornos verticales. También puede realizarse una trituración secundaria, cuando se requieren fragmentos de menor tamaño y se tienen hornos rotatorios para calentar.
3. Calcinación: la cal es producida por calcinaciones de la roca caliza, dolomía o ambas, trituradas por exposición directa al fuego en los hornos. En esta etapa las rocas sometidas a calcinación pierden bióxido de carbono y se produce el óxido de calcio (cal viva).
4. Enfriamiento: posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la cal pueda ser manejada y los gases calientes regresan al horno como aire secundario.
5. Inspección: se revisan cuidadosamente las muestras para evitar núcleos o pedazos de roca sin calentar.
6. Cribado: se somete al cribado con el fin de separar la cal viva en trozo y en guijarros (piedra pequeña, redondeada y lisa) de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización.
7. Trituración y pulverización: se realiza con el objeto de reducir más el tamaño de los trozos y así obtener cal viva molida y pulverizada, la cual se separa de la que será enviada al proceso de hidratación.
8. Hidratación: se agrega agua a la cal viva para obtener la cal hidratada. A la cal viva dolomítica y alta en calcio, se le agrega agua y es sometida a un separador de residuos para obtener cal hidratada normal dolomítica y alta en calcio. Únicamente la cal viva dolomítica pasa por un hidratador a presión y posteriormente, a molienda para obtener cal dolomítica hidratada a presión.
9. Envase y embarque: la cal es llevada a una tolva de envase e introducida en sacos y trasladada a través de bandas hasta el almacenamiento en la fábrica. Posteriormente, por medio del transporte terrestre la carga se llevará al cliente.

Composición química de la cal

Las cales deben ser blancas y libres de materias extrañas; deben rebasar 92 % en su contenido de óxido de calcio (CaO), con un porcentaje de menos de un 4 % de anhídrido carbónico (AO₂), cuando son producidas y no más de 7 % cuando se encuentra en su destino; la sílice (SO₂) en no más de 2 %; el hierro y el aluminio en su forma de óxido (Fe₂O₃ y AL₂O₃), en 1 % es el máximo; la **magnesia** (MgO) en el 1,75 %, el azufre (S) y el fósforo (P₂O₅) en 0,20 % y 0,05 % en su máxima cuantía.

Los hidróxidos de calcio o cales apagadas, además de reunir las condiciones señaladas en las propiedades de los óxidos, deberán tener un mínimo de 68 % a 70 % de óxido de calcio aprovechable y más de 90 % de hidróxido de calcio (OH)₂Ca.

2.3.2 Clasificación

La clasificación de la cal para la construcción en Cuba se rige por las normas cubanas, en dependencia de su empleo en la ejecución de obras constructivas y se divide en tres grupos:

I. Cal viva.

Se obtiene de la calcinación de la caliza, que al desprender anhídrido carbónico se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se puede aplicar en la construcción.

De acuerdo con el porcentaje de óxido de calcio de las cales vivas, se obtienen otras variedades, dentro de las cuales tenemos:

- Cal grasa: es la más blanca, fabricada con piedra **caliza** de gran pureza y que contenga menos de 5 % de **arcilla**, que en presencia de agua reaccionan con fuerte desprendimiento de calor.
- Cales magras: proceden de la **caliza**, que aunque contengan menos de 5 % de **arcilla**, contienen más del 10 % de magnesia. Estas cales al añadirles agua para hacer la cal apagada se disuelven, por lo que no se usan en la construcción.
- Cales hidráulicas: proceden de la calcinación de la **caliza**, que contienen más de 10 % de **arcilla** y tiene la propiedad de poder fraguar en sitios húmedos y aún debajo del agua.

II. Cal hidratada.

Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio; es una base fuerte formada por el metal calcio, unido a dos grupos hidróxidos.

III. Cal hidráulica.

Cal compuesta principalmente de **hidróxido de calcio**, sílica (SiO_2) y **alúmina** (Al_2O_3) o mezclas sintéticas de composición similar. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso debajo del agua.

2.3.3 Propiedades, protección y usos

Propiedades

La cal hidráulica como aglomerante, reúne una serie de propiedades diferentes a las del yeso y el cemento hidráulico; se exponen a continuación:

- Fragua y endurece lentamente en el aire
- Se contrae al fraguar
- Disminuye de volumen
- Para endurecer totalmente tiene que eliminar toda el agua

Protección

Tanto en las pastas como en las lechadas deberán observarse las siguientes medidas de protección en la cal hidráulica:

- El hidrato (en polvo) se envasa en bolsas de papel
- Se almacenarán en lugares secos separados del piso
- Su contacto con la piel puede producir quemaduras
- En el caso del hidrato de cal apagada se puede conservar largos períodos, siempre que tenga suficiente agua

Usos

Tanto la cal como el cemento y el yeso hidráulicos tienen también, múltiples usos en la construcción, aunque difieren entre ellos; se presentan algunos a continuación:

- Como mortero con cemento y arena forman el tercio para muros de ladrillos
- Con yeso o cemento forma pastas para enlucidos o en acabado de superficies
- Mezclado con arena y agua se forma la argamasa o mortero de cal
- En lechadas para pintar disuelta en agua (figura 2.3)

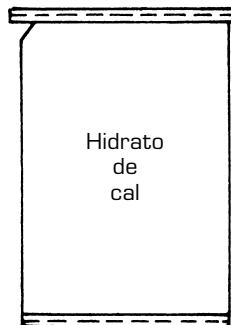
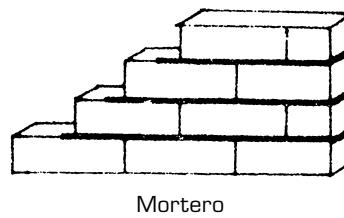


Fig. 2.3 Uso de la cal en la construcción.

2.4 Cemento hidráulico

El cemento hidráulico es un material aglutinante que desde hace más de dos siglos se utiliza en todo tipo de construcción; lo podemos definir como una mezcla de piedra caliza y arcilla, triturada y calcinada hasta el punto fundente; convertida en una escoria granulada llamada *clinker*, que se muele con una pequeña proporción de yeso y queda finamente pulverizada.

A continuación, se expondrá de los cementos hidráulicos: la obtención, la composición química, las características, la clasificación, las propiedades, la protección, el muestreo y los ensayos para determinar su calidad.

Origen

En Leeds, condado de Yorkshire, Inglaterra, en 1811, el albañil Joseph Aspdin descubrió el cemento hidráulico y en octubre de 1824 solicitó la patente para perfeccionar el método de producir piedra artificial.

Aspdin le dió el nombre de cemento Portland, por su semejanza una vez fraguado con la piedra caliza blanco plateada que se extraía de unas canteras existentes en la península de Portland, condado de Dorset en Inglaterra. Posteriormente, se asocia con William Beverly y montan una fábrica, en 1928, en Wakkerfield y esta industria se mantuvo hasta 1892.

Durante esta etapa se construye un túnel en Londres de 360 m de longitud, por el ingeniero francés Marc I. Bruvel con el cemento Portland; fue el primer túnel del mundo construido en un río navegable.

A pesar de todo lo planteado anteriormente, este cemento tuvo la competencia de una fábrica de cemento romano; pero, el director Isaac Charles Jonson, en 1845 logra después de muchas investigaciones obtener un cemento Portland de mayor calidad, elevando la temperatura de quema a 1 400 °C y moliendo muy fino el *clinker*.

En Cuba en los años 60 del siglo xix el ingeniero Francisco de Albear, comienza a utilizar el cemento Portland, y lo emplea en la construcción del canal de Vento en el acueducto que lleva su nombre. En los años 70 del siglo xix el ingeniero Emilio Leyva lo usa en las obras del ferrocarril del oeste, entre otras.

Características

El cemento Portland, que se emplea fundamentalmente en los morteros y hormigones hidráulicos, tiene una serie de características de gran importancia para la ejecución de obras en la construcción; entre las más significativas están:

- Polvo muy fino y pesado de color gris
- En contacto con el agua, ocurre una reacción exotérmica que desprende calor y aumenta la temperatura
- Al amasarlo con agua sus partículas reaccionan y se forma una masa plástica que dura cierto tiempo
- La masa plástica en unión con los áridos permite ser colocado en las obra y al avanzar el tiempo aumenta su dureza
- Endurece en contacto con el aire y el agua al pasar el tiempo
- En la masa ocurren sensibles cambios de volumen

Fábricas de cemento

La primera fábrica de cemento Portland en Iberoamérica fue inaugurada en La Habana en julio de 1895. Radicaba en la calle Zanja no. 137, con capacidad de 20 toneladas diarias y era propiedad de Ladislao Díaz y su hermano Fernando, asturianos radicados en La Habana.

Actualmente, se encuentran instaladas y producen en Cuba seis fábricas de cemento, ubicadas en diferentes provincias del país:

- Artemisa: fábrica Las Cañas, en el poblado Las Cañas
- Artemisa: fábrica José Mercerón, Mariel
- Cienfuegos: fábrica Carlos Marx, en Guabairo
- Sancti Espíritus: fábrica Siguaney, en Taguasco
- Camagüey: fábrica 26 de julio, Nuevitas
- Santiago de Cuba: fábrica Antonio Maceo, en Santiago de Cuba

2.4.1 Obtención y composición química

Las materias primas para la fabricación del cemento Portland son: las rocas calizas (carbonato de calcio) y las rocas arcillosas (silicato aluminoso hidratado), que se obtienen de canteras instaladas en los yacimientos.

En la actualidad, para lograr la producción de los diferentes tipos de cementos hidráulicos en la industria existen tres vías que son:

- I. Vía húmeda
- II. Vía seca
- III. Vía combinada (semiseca)

Obtención del cemento hidráulico

I. Vía húmeda.

El proceso para la fabricación del cemento hidráulico industrialmente, por vía húmeda, es complejo y se sigue un orden operacional estricto para lograr su obtención; como se expresa, a continuación y se muestra en la figura 2.4:

1. Extracción de la materia prima principal (caliza y arcilla): se extrae de las canteras al igual que los áridos.
2. Trituración primaria (en molinos): una vez recibida la materia prima, se trituran para disminuir el tamaño de las piedras duras.
3. Clasificación en la nave de materia prima: después de la trituración primaria, la materia prima pasa a una nave; se clasifica la caliza y la arcilla.
4. Dosificación: la grúa viajera dosifica las diferentes materias primas de acuerdo con las proporciones que plantean las especificaciones, según los porcentajes establecidos por las normas.
5. Trituración secundaria (en molinos): dosificados los componentes para la fabricación del cemento hidráulico, pasan al molino secundario, donde se disminuyen aún más las partículas.
6. Homogenización de la pasta: realizada la molienda secundaria, se pasa a los tanques homogenizadores, donde se le añade el agua que formará la pasta, por medio de equipos mecánicos y de neumáticos.
7. Fundición y formación del *clinker* (en hornos): una vez obtenidos los resultados de los análisis químicos de la composición de la pasta, pasa al horno donde se fundirá parcialmente a elevadas temperaturas y da origen a la formación del *clinker*.
8. Enfriamiento del *clinker* (en la nave): el *clinker* obtenido en los hornos pasa a la nave de enfriamiento durante un tiempo determinado.
9. Trituración final (pulverización): enfriado el *clinker*, pasa a la etapa de trituración final en los molinos de cemento, donde se le adiciona

entre un 3 % y 5 % de yeso, que regulará el fraguado del cemento; se reduce a polvo (clinker + yeso)= cemento y termina el proceso de fabricación.

10. Almacenamiento en silos: al terminar el proceso de fabricación, el cemento hidráulico pasa a los silos de almacenamiento para su posterior envase.
11. Envasado: después de realizar los ensayos de laboratorio correspondientes y obtenidos los resultados previstos en las normas, el cemento hidráulico almacenado es envasado de dos formas: a granel o en sacos.

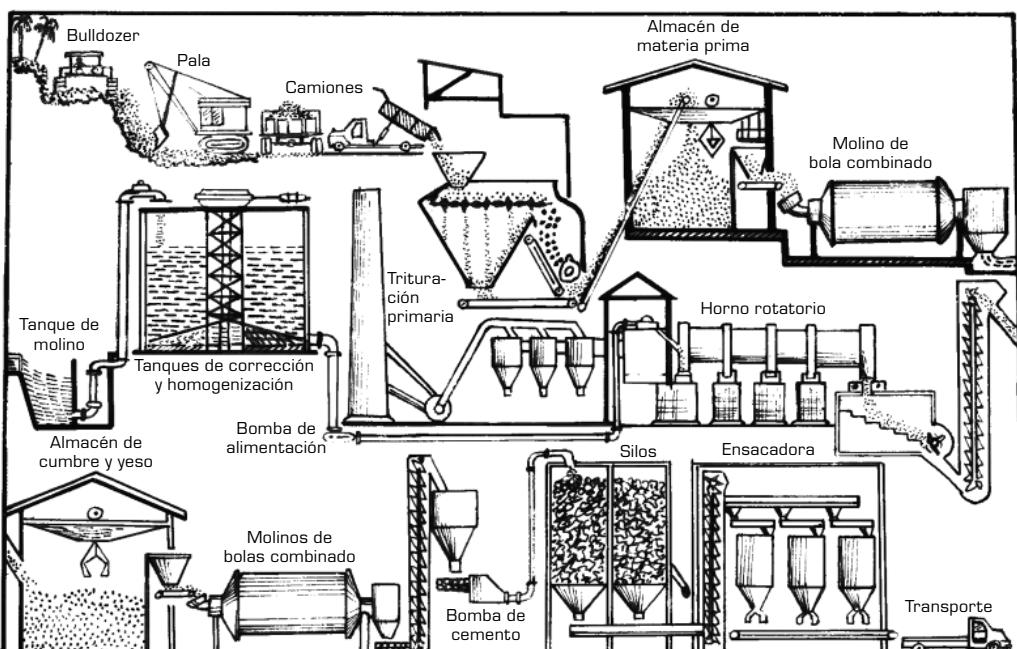


Fig. 2.4 Flujo de producción de cemento hidráulico vía húmeda.

II. Vía seca.

El proceso para la fabricación del cemento hidráulico industrialmente, por vía seca, se utiliza cuando las materias primas son pobres en aguas; por lo que se secan para obtener polvo y no pasta. Esta vía es más económica:

1. Extracción de la materia prima principal (caliza y arcilla).
2. Trituración primaria (en molinos).
3. Clasificación en la nave de materia prima.
4. Dosificación con la grúa viajera.
5. Trituración secundaria en molinos de secados simultáneos.
6. Homogenización en los silos de crudo.

7. Fundición y formación del *clinker* (en hornos).
8. Enfriamiento del *clinker* (en el horno).
9. Trituración final (pulverización) y adición de yeso.
10. Almacenamiento en silos.
11. Envasado.

III. Vía combinada o semiseca.

El proceso para la fabricación del cemento hidráulico industrialmente, por vía combinada o semiseca, consiste en deshidratar la pasta homogeneizada en instalaciones especiales, antes de pasar al horno. Esta vía permite reducir el gasto de combustible entre 20 % y 30 %, en comparación con el procedimiento por la vía húmeda, aunque tiene como desventaja que aumenta el consumo de energía eléctrica.

Composición química del cemento

Las materias primas que se emplean en la fabricación del cemento Portland son las rocas calizas y arcillosas, constituidas por cal, sílice, alúmina, hierro, magnesia, azufre y álcalis, en una proporción determinada según la dosificación y finamente mezcladas.

En el proceso de cocción en el horno, a elevadas temperaturas, se obtiene el *clinker*, compuesto por óxidos fundamentales derivados de la acción del calor. Estos óxidos son el CaO (óxido de calcio), SiO₂ (óxido de silicio), Al₂O₃ (óxido de aluminio) y Fe₂O₃ (óxido de hierro) (tabla 2.1).

Los óxidos obtenidos reaccionan entre sí y constituyen los silicatos y aluminatos cárnicos, que permiten el aporte fundamental del *clinker* a las propiedades hidráulicas; y al ser pulverizado y adicionarle el yeso como retardador del fraguado, se complementarán los componentes que aportan su acción en el producto final.

Tabla 2.1 Composición química del cemento Portland

Óxidos	Símbolo químico	Cantidad
Óxido de calcio	CaO	60 % a 67 %
Bióxido de silicio	SiO ₂	17 % a 25 %
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	3 % a 8 %
Óxido férrico	Fe ₂ O ₃	0,5 % a 6 %
Óxido de magnesio	MgO	1 % a 5,5 %
Óxido de sodio y potasio	Na ₂ O y K ₂ O	0,5 % a 5,5 %
Trióxido de azufre	SO ₃	1 % a 3%
Sulfato cárlico semihidratado	CaSO ₄	3 % a 5%

Estos óxidos se presentan formando silicatos y aluminatos. Se pueden obtener diferentes tipos de cementos variando las proporciones en que aparecen.

2.4.2 Clasificación

La clasificación de los cementos hidráulicos en Cuba se rigen por la norma cubana, en dependencia de su empleo en la ejecución de obras constructivas. Se divide en siete grupos: cemento Portland, cemento con adición activa, cemento de albañilería, cemento resistente a los sulfatos, cemento de moderado y bajo calor de hidratación, cemento Portland de alta resistencia inicial y cemento blanco (figura 2.4).

I. Cemento Portland (NC 95/2001).

El producto cemento Portland, se clasifica en tres grados de calidad de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días; se expresa en kgf/cm².

Se designa con la letra que inicia el nombre (P), separada por un guion (-) del valor numérico (350) de la resistencia a la compresión (tabla 2.2).

Tabla 2.2 Grado de calidad del cemento Portland

Tipo de cemento	Grado de calidad
P-250	25 MPa (250 kgf/cm ²)
P-350	35 MPa (350 kgf/cm ²)
P-450	45 MPa (450 kgf/cm ²)
P-550	55 MPa (550 kgf/cm ²)

II. Cemento con adición activa (NC 96/2001).

El producto cemento con adición activa se clasifica en tres grados de calidad de acuerdo con el porcentaje de adición natural activa y la resistencia a la compresión a los 28 días y se expresa en kgf/cm². Se designa con las letras que inicia el nombre: Portland puzolánico (PP) y Portland con adición (PZ), separadas por un guion (-) del valor numérico (250) de la resistencia a la compresión (tabla 2.3).

Tabla 2.3 Grado de calidad del cemento con adición activa

Tipo de cemento	Grado de Calidad
PP-250	250 kgf/cm ² (% de adición 6-20)
PP-350	350 kgf/cm ² (% de adición 6-20)
PZ-250	250 kgf/cm ² (% de adición 21-20)

III. Cemento de albañilería (NC 97/2001).

El producto cemento de albañilería se designa por un solo grado de calidad de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días; se expresa en kgf/cm². Se designa con las letras que inicia el nombre (CA), separadas por un guion (-) del valor numérico (160) de la resistencia a la compresión, o sea, CA-160, por tanto, su grado de calidad es 160 kgf/cm².

IV. Cemento resistente a los sulfatos (NC 98/2001).

El producto cemento resistente a los sulfatos se clasifica en cinco grados de calidad de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días; se expresa en kgf/cm². Se designa con las letras que inicia el nombre (PMRS), seguidas de uno (1) o dos (2), según el porcentaje de adición activa natural, separada por un guion (-) del valor numérico (350) de la resistencia a la compresión (tabla 2.4).

Tabla 2.4 **Grado de calidad del cemento resistente a los sulfatos**

Tipo de cemento	Grado de Calidad
PMRS-350	Cemento moderado resistente a los sulfatos
PMRS (1)-250 y 350	Cemento moderado resistente a los sulfatos (adición entre 6 % y 20 %)
PMRS (2)-250	Cemento moderado resistente a los sulfatos (adición entre 21 % y 35 %)
PARS-350	Cemento altamente resistente a los sulfatos
PARS (1)-350	Cemento altamente resistente a los sulfatos (adición entre 21 % y 35 %)

V. Cemento de moderado y bajo calor de hidratación (NC 99/2001).

El producto cemento moderado y bajo calor de hidratación se clasifica en tres grados de calidad de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días; se expresa en kgf/cm².

El cemento Portland se designa con las letras que inicia el nombre (PMC), separada por un guion (-) del valor numérico (350) de la resistencia a la compresión (tabla 2.5).

Tabla 2.5 **Grado de calidad del cemento de moderado y bajo calor de hidratación**

Tipo de cemento	Grado de calidad
PMC-350	Cemento de moderado calor de hidratación
PBC-250	Cemento de bajo calor de hidratación
PBC-350	Cemento de bajo calor de hidratación

VI. Cemento Portland de alta resistencia inicial (NC 100/2001).

El producto cemento Portland de alta resistencia inicial se clasifica en dos grados de calidad de acuerdo con la resistencia a la compresión a

las 24 horas; se expresa en kgf/cm². Se designa con las letras que inicia el nombre (PARI), separadas por un guión (-) del valor numérico (120) de la resistencia a la compresión (tabla 2.6).

Tabla 2.6 Grado de calidad del cemento de alta resistencia inicial

Tipo de cemento	Grado de calidad
PARI-120	Cemento Portland de alta resistencia inicial
PARI-150	Cemento Portland de alta resistencia inicial

VII. Cemento blanco (NC 101/2001).

El producto cemento blanco se clasifica en cuatro grados de calidad de acuerdo con el índice de blancura, adiciones y resistencia a la compresión a los 28 días; se expresa en kgf/cm². Se designa con las letras que inicia el nombre (CBA), separadas por un guión (-) del valor numérico del índice de blancura (85) y resistencia a la compresión (300-400) (tabla 2.7).

Tabla 2.7 Grado de calidad del cemento blanco

Tipo de cemento	Grado de Calidad
CBA-85	Cemento blanco con adición (85 %)-300 Kgf/cm ²
CBA-90	Cemento blanco con adición (90 %)-300 Kgf/cm ²
CB-85	Cemento blanco (85 %)-400 kgf/cm ²
CB-90	Cemento blanco (90 %)-400 kgf/cm ²

Las diferentes clasificaciones que rigen al cemento hidráulico en Cuba, están en concordancia con las especificaciones de las normas técnicas cubanas aprobadas por el Ministerio de la Construcción; las cuales deben cumplirse con la calidad requerida tanto en las fábricas del producto como en la ejecución de las obras.

2.4.3 Protección y propiedades

El cemento hidráulico es un producto que debe ser protegido de los agentes exteriores tales como: la humedad y el tiempo de almacenamiento, pues las partículas de cemento reaccionan y pueden producir su fraguado y endurecimiento, que lo convierte con el tiempo en una piedra artificial. Con el fin de protegerlo se deben tomar medidas durante su almacenamiento y transportación, tanto con las bolsas de papel como a granel.

Protección del cemento

I. Almacenamiento.

El almacenamiento inadecuado del cemento hidráulico trae como resultado la disminución de sus propiedades. Dos factores importantes

como son la humedad y el tiempo de almacenamiento contribuyen a la hidratación de sus partículas y disminuyen su poder aglomerante.

Medidas de protección para el cemento envasado en bolsas:

- Se almacenará bajo techo, en un lugar seco y fresco.
- Colocar las bolsas separadas de las paredes 10 cm, como mínimo y del piso 5 cm.
- Almacenar las bolsas de forma tal que permita una cómoda manipulación y rotación.
- Colocar en estibas de 10 bolsas como máximo, una sobre otra (figura 2.5).
- Separar las bolsas por tipo y calidad.

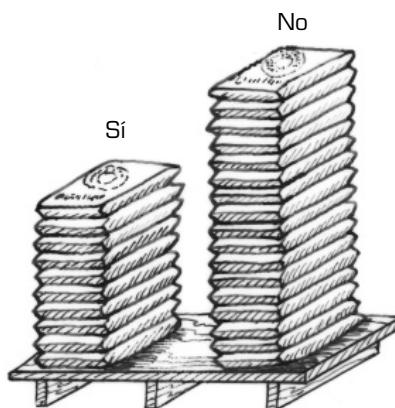


Fig. 2.5 Almacenamiento del cemento en tongas.

II. Transportación.

La transportación del cemento hidráulico en bolsas o a granel, requiere de cuidados para evitar pérdidas por rotura de bolsas, deterioro, contaminación o contacto con líquidos que afecten su utilización y la contaminación del medio ambiente.

Medidas de protección para el cemento envasado en bolsas:

- La cama del camión debe estar seca y limpia.
- Las bolsas de cemento no se deben tirar al manipularlas.
- La carga del camión debe taparse con lona.
- En la transportación marítima se tomarán medidas especiales.
- En la transportación por ferrocarril las casillas deben estar cerradas.
- El transporte en silos debe utilizarse solamente para cemento.

Propiedades del cemento

El cemento Portland es un aglomerante hidráulico que endurece al contacto con el agua o el aire; es utilizado para unir o entrelazar otros materiales o productos, por la propiedad que tienen de aglomerar. Por esto, resulta de suma importancia el estudio de las propiedades a través de los ensayos de laboratorio.

Las propiedades son las siguientes:

- Los cementos hidráulicos endurecen tanto en el aire como en el agua.
- Son resistentes a la compresión.
- Su tiempo de fraguado inicial (TFI) y final (TFF) está limitado según las especificaciones establecidas por las normas.
- Son resistentes a los agentes destructivos exteriores.
- Tienen estabilidad en su volumen.

2.4.4 Muestreo y ensayos

El muestreo del cemento, tanto en bolsas como a granel en los almacenes de obras abiertas o cerradas (prefabricados), debe realizarse para posteriormente ejecutar una serie de ensayos de laboratorio y determinar si cumplen o no, las especificaciones de calidad que aparecen en las normas técnicas y que deciden su utilización en la ejecución de las obras.

Muestreo

El muestreo consiste en tomar una parte representativa del cemento, para realizar los ensayos correspondientes. Por sus características y a diferencia de otros materiales deberán cumplirse tres requisitos importantes en los utensilios que se empleen: estar limpios, secos y fabricados con un material que no altere el cemento.

El muestreo se realizará, según su forma de distribución:

- Cemento en bolsas:
 - Se toman al azar cinco bolsas de cemento.
 - De cada bolsa se tomará una porción.
 - Se tendrá cuidado de separar la capa exterior de la bolsa y tomar la porción de cemento del interior; esta operación se realiza con el tubo saca muestras.
 - No se deben muestrear bolsas de cemento que hayan sido abiertas.
- Cemento a granel:
 - Se tomarán porciones en cinco puntos del envase (silo), con el tubo saca muestras, o sea cinco porciones.

- Estas muestras se conservarán en recipientes cerrados y sellados para enviar al laboratorio.

Preparación de la muestra:

- Las porciones muestradas se vierten sobre una superficie lisa, limpia y seca; luego se mezclan cuidadosamente a mano o mecánicamente.
- Se pasa la muestra por un tamiz de 1 mm de abertura, para separar así los grumos e impurezas que serán retenidos (figura 2.6).
- Los grumos de cemento se desharán con los dedos y los que no se eliminarán de la muestra.

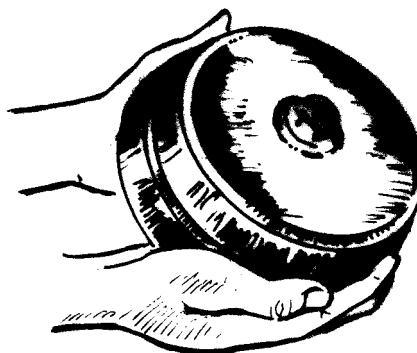


Fig. 2.6 Tamizado del cemento.

Ensayos de cemento

Los ensayos de laboratorio más comunes que se realizan al cemento hidráulico, que será utilizado en pastas, morteros y hormigones, hidráulicos para poder comprobar sus propiedades y calidad de acuerdo con los parámetros establecidos en las especificaciones de las normas cubanas (tabla 2.8) se enumeran a continuación:

1. Finura de molido
2. Peso específico
3. Consistencia normal
4. Tiempo de fraguado inicial
5. Tiempo de fraguado final
6. Mezcla de prueba (mortero normalizado)
7. Resistencia a flexotracción
8. Resistencia a la compresión
9. Superficie específica Blaine
10. Estabilidad de volumen

Tabla 2.8 Índice de calidad del cemento Portland

Denominación		P-205	P-350	P-450
1	Finura, % máximo	12	10	8
2	Fraguado Inicial: Despues de Final: Antes de	45min 10 h	45min 10 h	45min 10 h
3	Resistencia a la flexotracción kgf/cm ² mínima			
	3 días	20	30	50
	7 días	30	40	60
	28 días	50	60	70
4	Resistencia a la compresión kgf/cm ² mínima			
	3 días	120	170	250
	7 días	170	250	350
	28 días	250	350	450

Ensayo no. 1: Finura de molido

Objetivo: determinar la finura de molido en las partículas de cemento, por medio del tamizado.

Norma vigente: NC 54/2005 y NC 54/2007

Comentario técnico: entre las propiedades del cemento que pueden verse afectadas por la finura inadecuada se encuentran: la resistencia mecánica del hormigón hidráulico elaborado, velocidad de reacción con el agua y el calor de hidratación.

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar
- Cuchara de albañil
- Recipiente con el cemento para ensayar
- Balanza técnica con precisión de 1 g (figura 2.7)
- Tamiz con abertura de la malla de 0,090 mm, con fondo y tapa
- Brocha

Procedimiento:

1. Se pesan 50 g de cemento.
2. Se vierte el cemento sobre el tamiz (0,090) (figura 2.6 a).
3. Se procede al tamizado (figura 2.6 b).
4. Se pesa el retenido en el tamiz.

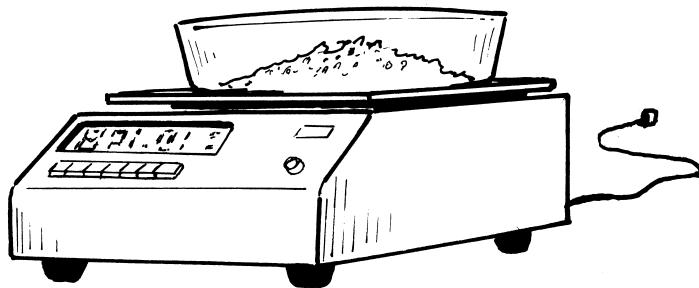


Fig. 2.7 Balanza técnica de precisión.

Cálculo:

- Se determina el porcentaje de finura del cemento en peso

$$\% \text{ de finura} = \frac{\text{Retenido}}{50 \text{ g}} \cdot 100$$

Resultados obtenidos:

Peso total (g)	Retenido en el tamiz	% de finura	Especificaciones

Ensayo no. 2: Peso específico

Objetivo: determinar el peso específico real del cemento.

Norma vigente: NC 54/2007

Comentario técnico: el peso específico del cemento es utilizado en el diseño, elaboración y control de las mezclas de hormigones hidráulicos; también se obtiene para tener un índice del tipo de cemento que se ensaya. Para este ensayo se utilizan líquidos que no reaccionen con el agua como: queroseno, éter, benceno, etcétera.

Equipos, medios y utensilios:

- Material para ensayar
- Cuchara de albañil
- Recipiente
- Balanza técnica con precisión de 1 g
- Frasco de Le Chatelier
- Queroseno
- Paño
- Varilla de cristal

Procedimiento:

1. Se pesan 64 g de cemento.
2. Se vierte en el frasco de Le Chatelier la cantidad de reactivo necesario hasta el nivel 0-1 ml.
3. Se seca el interior del frasco por encima del nivel del líquido.
4. Se coloca el frasco en baño de agua a temperatura ambiente.
5. Se anota el volumen ocupado por el líquido (V_i).
6. Se añade lentamente al frasco la muestra destinada al ensayo (figura 2.8).
7. Se agita el frasco con la varilla de cristal, para eliminar las burbujas de aire y así descienden las partículas de cemento que hayan quedado en la superficie.
8. Se anota el volumen total alcanzado por el líquido (V_f) (figura 2.9).

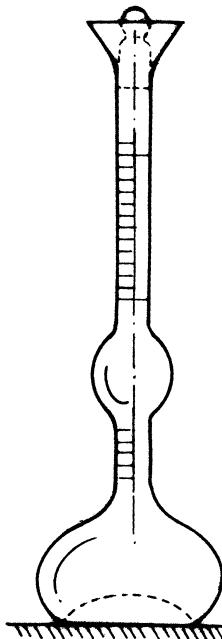


Fig. 2.8 Vertido del cemento en el frasco de Le Chatelier.

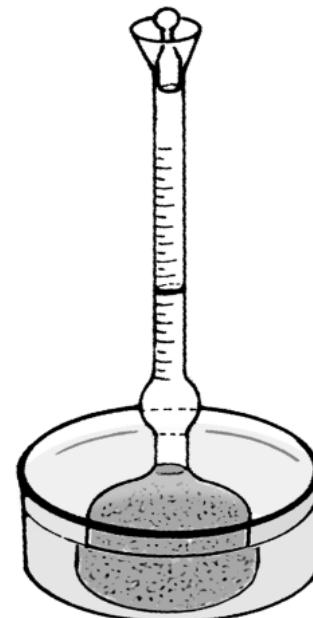


Fig. 2.9 Volumen ocupado por el cemento.

Cálculo:

Se determinó el volumen del líquido desplazado por la masa de cemento.

$$\text{Volumen} = V_f - V_i$$

Se determinó el peso específico del cemento (PEc).

$$\text{PEc} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

Resultados obtenidos:

Peso específico	Especificaciones	Cumple

Ensayo no. 3: Consistencia normal

Objetivo: determinar la cantidad de agua necesaria para hacer reaccionar todas las partículas de cemento hidráulico.

Norma vigente: NC 54/2007

Comentario técnico: los valores obtenidos en este ensayo se utilizarán posteriormente en la elaboración de pastas, morteros y hormigones hidráulicos.

Equipos, medios y utensilios:

- Cuchara de albañil
- Balanza técnica con precisión de 1 g
- Recipiente con el material para ensayar
- Cronómetro o reloj
- Guantes de goma
- Molde tronco cónico
- Cristal o azulejo
- Espátula
- Equipo de Vicat (utilizar el vástago; figura 2.10)

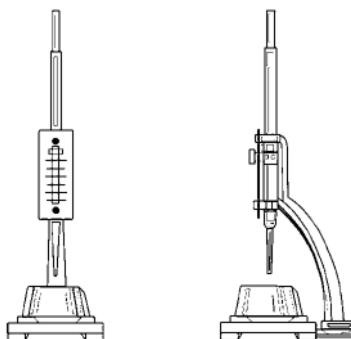


Fig. 2.10 Equipo de Vicat.

Procedimiento:

1. Se pesan 500 g de cemento.
2. Se extiende el cemento en forma de corona sobre una superficie plana, lisa e impermeable.

3. Se vierte en el centro 20 % de agua (100 mL), y se anota la hora.
4. Se amasa la mezcla de agua y cemento durante 2,5 min (figura 2.11).
5. Volteamos la mezcla amasada con los guantes de goma, 6 veces de una mano a la otra (a 15 cm de distancia).
6. Se introduce una porción de la pasta por la parte ancha del molde tronco cónico y se elimina el sobrante.
7. Se coloca el molde lleno sobre el cristal o azulejo.
8. Se enrasta con una espátula la superficie del molde.
9. Se coloca el extremo del vástago de Vicat en contacto con la superficie del molde y se sujetta.
10. A los 30 s de colocada la mezcla (pasta de agua cemento), se deja caer sobre la superficie de la pasta agua-cemento.
11. Leer en la escala (mm) y anotar el resultado.



Fig. 2.11 Amasado de la mezcla de agua y cemento.

Cálculo:

- Se determina la consistencia normal del cemento.

$$CN = 10 + -1 \text{ mm}$$

Resultados obtenidos:

Lectura en mm	Especificaciones	Cumple
	CN = 10 + -1 mm	

Nota: en caso de que el resultado sea:

Menos de 9 mm, la mezcla necesita mayor cantidad de agua.
Mayor de 11 mm, la mezcla necesita menor cantidad de agua.
En ambos casos se debe repetir el ensayo.

Ensayo no. 4: Tiempo de fraguado inicial

Objetivo: determinar el tiempo de fraguado inicial (TFI) que transcurre desde que se vierte el agua de amasado, hasta que la pasta agua-cemento pierda plasticidad.

Norma vigente: NC 54/2005 y NC 54/2007

Comentario técnico: una vez concluido el ensayo de consistencia normal, se procede con la misma pasta agua-cemento a determinar el TFI con la aguja del equipo de Vicat. Este resultado nos permite conocer hasta qué tiempo se pueden utilizar los morteros y hormigones hidráulicos en estado fresco (figura 2.12).

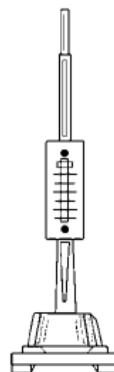


Fig. 2.12 Equipo de Vicat para determinar el TFI y TFF.

Equipos, medios y utensilios:

- Paño húmedo
- Molde tronco cónico (con la pasta agua-cemento dentro)
- Cronómetro o reloj
- Equipo de Vicat (utilizar aguja)

Procedimiento:

Realizado el ensayo de consistencia normal del cemento:

1. Colocar un paño húmedo sobre la pasta agua-cemento.
2. Pasados 45 min de vertida el agua para la consistencia normal, se deja caer la aguja de Vicat sobre la superficie de la pasta.

3. Se leerá en la escala del equipo de Vicat en mm y se anota.
4. Pasados 5 min se deja caer nuevamente la aguja de Vicat y se repite esta operación hasta llegar al TFI (35 + -2 mm) por penetración.

Cálculo:

Se determina el tiempo de fraguado inicial leyendo en la escala.

Resultados obtenidos:

Tiempo de fraguado inicial (TFI)		
Tiempo en min	Penetración en mm	Especificaciones
60	Penetración 35 + -2 mm	
65		
70		
75		
80		
85		
90		
95		
100		
105		
110		
115		
TFI = _____ min		

Nota: en el cemento hidráulico cubano, generalmente, el TFI pasa de los 60 min, por lo que se puede comenzar a tomarlo a partir de la hora, continuando cada 5 min.

Ensayo no. 5: Tiempo de fraguado final

Objetivo: determinar el tiempo de fraguado final (TFF) que transcurre desde que se vierte el agua de amasado, hasta que la pasta agua-cemento adquiere cierta resistencia.

Normas vigentes: NC 54/2005 y NC 54/2007

Comentario técnico: al concluir el tiempo de fraguado inicial (TFI), se procede a realizar el tiempo de fraguado final (TFF).

Este resultado nos permite conocer en qué tiempo se puede desencofrar los laterales en los hormigones hidráulicos elaborados.

Equipos, medios y utensilios:

- Paño húmedo
- Molde tronco cónico (con la pasta agua-cemento dentro)

- Cronómetro o reloj
- Equipo de Vicat (utilizar aguja)

Procedimiento:

Realizado el ensayo de tiempo de fraguado inicial del cemento:

1. Se coloca el paño húmedo sobre la pasta de agua-cemento.
2. Pasadas 4 h de vertida el agua para la consistencia normal del cemento, se deja caer la aguja de Vicat sobre la superficie de la pasta agua-cemento.
3. Lo anterior se repite cada una hora, hasta llegar al tiempo de fraguado final ($25 + -2$ mm) por penetración.

Cálculo: Se determina el tiempo de fraguado final leyendo a escala.

Resultados obtenidos:

Tiempo de fraguado final (TFF)		
Tiempo en h	Penetración en mm	Especificaciones
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11	TFF = —— h	
12		

Nota: en el cemento hidráulico cubano, generalmente, el TFF se encuentra entre las 4 y 10 h en el ensayo demostrativo; no se termina en el día.

Ensayo no. 6: Mezcla de prueba (mortero normalizado)

Objetivo: elaborar probetas cúbicas de 40 x 40 x 160 mm para realizar los ensayos de resistencia a flexotracción y resistencia a compresión del cemento hidráulico.

Normas vigentes: NC 54/2005 y NC 54/2007

Comentario técnico: según la norma, en este ensayo se deben utilizar arena sílice, cemento y agua, para elaborar el mortero normalizado.

Nota: este ensayo se desarrolla en el capítulo 3: Morteros hidráulicos.

Ensayo no. 7: Resistencia a flexotracción

Objetivo: determinar la resistencia a flexotracción del cemento hidráulico, en un mortero normalizado: de arena, cemento y agua.

Normas vigentes: NC 54/2005 y NC 54/2007

Comentario técnico: las probetas que se elaboran de mortero normalizado a las edades de 3, 7 y 28 días serán ensayadas a flexotracción y se obtendrán los valores correspondientes (figura 2.13), y extremos de estas (cúbicas de 40 mm x 40 mm, se utilizarán en los ensayos de resistencia a compresión (figura 2.14).

Nota: este ensayo se desarrolla en el capítulo 3: Morteros hidráulicos.

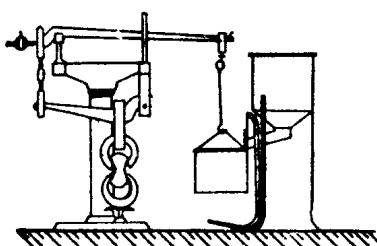


Fig. 2.13 Máquina para determinar la resistencia del cemento a la flexotracción.

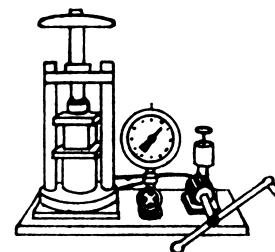


Fig. 2.14 Máquina para determinar la resistencia del cemento a la compresión.

Ensayo no. 8: Resistencia a compresión

Objetivo: determinar la resistencia a compresión del cemento hidráulico.

Normas vigentes: NC 54/2005 y NC 54/2007

Comentario técnico: los dos extremos de las probetas ensayadas a flexotracción (40 mm x 40 mm x 40 mm) son utilizadas en el ensayo de resistencia a compresión (figura 2.14). Los resultados obtenidos se tomarán para determinar la calidad del cemento.

Nota: este ensayo se desarrolla en el capítulo 3: Morteros hidráulicos.

Ensayo no. 9: Superficie específica de blaine

Objetivo: determinar la superficie específica del cemento hidráulico.

Normas vigentes: NC 54/2005 y NC 54/2007

Comentario técnico: este ensayo es más preciso que el ensayo de finura de molido, y se realiza con el equipo Blaine.

Ensayo no. 10: Estabilidad de volumen

Objetivo: determinar la estabilidad de volumen (aumento o disminución).

2.5 Agua

Se considera el agua uno de los factores primordiales para el sostén de la vida de los animales y las plantas. Es el medio en que transcurren los procesos vitales, así como la fuente de hidrógeno.

La mayor parte del organismo humano está formado por agua, constituye el primero de sus alimentos y es imprescindible para la higiene del individuo y de su hábitat. Asimismo, el agua es fundamental para el desarrollo del proceso inversionista en las construcciones, por sus múltiples usos, tanto en la elaboración de numerosos productos, como para la limpieza de equipos y medios.

Origen

El agua está en el origen mismo del Universo, es el elemento natural y esencial para la creación de la vida. Hoy la existencia o no del agua es el problema esencial para la vida en el planeta. En nuestro planeta Tierra, el agua ha sido confirmada como el elemento donde surgieron las formas más elementales de vida que evolucionaron hasta las superiores, incluyendo, como eslabón final, al hombre.

Características

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido, tiene las características de que si se somete a temperaturas bajo 0 °C o menos se congela (se hace hielo), y si se somete a altas temperaturas por encima de 100 °C o más se convierte en vapor. Esto indica que puede presentarse en estos tres estados; sólida, líquida y gaseosa, con sus características específicas.

Obtención

El agua en el mundo se encuentra en estado líquido, sólido y gaseoso. En el planeta 71 % es de agua y 29 % es la parte sólida.

Los océanos, los casquetes polares, los glaciares, lagos, ríos y el mismo suelo, contienen agua en una u otra forma.

Los mares y océanos (agua líquida y salada), constituyen 97 % de toda el agua; del 3 % restante tres cuartas partes se encuentran en fase sólida, en los casquetes polares y en los glaciares, también en agua subterránea o en lagos (figura 2.15).

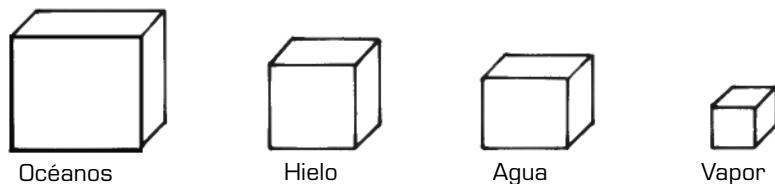


Fig. 2.15 Distribución del agua en nuestro planeta.

Composición química:

El agua está compuesta por hidrógeno y oxígeno en una proporción equivalente en peso a 11,19 % de hidrógeno y 88,81 % de oxígeno para una fórmula empírica de H_2O . Es significativo que esta combinación química es siempre la misma, independientemente de cómo se forma el agua o dónde se obtiene.

2.5.1 Clasificación, condiciones y propiedades

Clasificación del agua

Atendiendo a la dureza del agua, la podemos dividir fundamentalmente en dos grupos: dureza temporal o carbonatada, según su cantidad de iones de bicarbonato, calcio, hierro y magnesio; dureza permanente o no carbonatada, según su cantidad de iones de calcio, hierro y magnesio, exceptuando el bicarbonato.

Según la cantidad de iones de bicarbonato, se clasifica de la forma siguiente:

a) Su dureza:

- Muy suave (dureza total menor de 1,5 mg/L)
- Suave (dureza total 1,5 mg/L-3,0 mg/L)
- Moderada (dureza total 3,0 mg/L-6,0 mg/L)
- Dura (dureza total 6,0 mg/L-9,0 mg/L)
- Muy dura (dureza total mayor de 9,0 mg/L)

b) Su uso:

- Producción de energía eléctrica

- Transporte
- Procesos industriales
- Eliminación de residuos
- La higiene
- La construcción para:
 - Hacer reaccionar al cemento
 - Humedecer los áridos (piedras y arenas (figura 2.16)
 - Dar laborabilidad a las mezclas (pastas, morteros y hormigones hidráulicos)
 - Curar el hormigón hidráulico
 - Limpiar las herramientas, utensilios y equipos
 - Limpieza de las hormigoneras

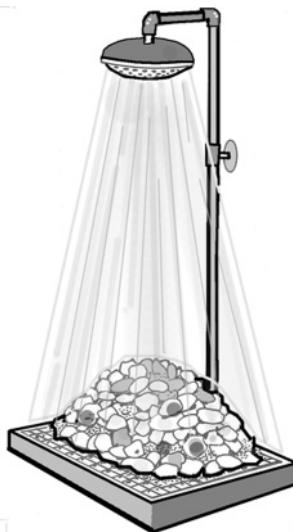


Fig. 2.16 Ducha para humedecer los áridos.

Condiciones para cumplir

El agua para ser utilizada en la elaboración de pastas, morteros y hormigones hidráulicos, debe reunir una serie de condiciones mínimas como:

- a) No estar contaminadas con arcillas o con grasas (lubricantes, petróleo, etcétera).
- b) No utilizar el agua de mar en la elaboración de hormigones hidráulicos.
- c) Se podrán emplear todas las aguas de acueductos y las de cualquier fuente de abastecimiento que sean potables.
- d) En caso de no disponer de medios para analizar aguas de dudosa calidad, se comprobará si es incolora, insípida e inodora.

Propiedades

Como se conoce, el agua potable es un líquido incoloro, inodoro e insípido, que se emplea con gran frecuencia en la construcción y presenta propiedades tales como:

- a) El agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos, debido a que todas las sustancias son solubles en ella (disolvente universal).
- b) Se combina con ciertas sales y forman hidratos.
- c) Reacciona con los óxidos de los metales y forman ácidos.
- d) Actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes (con el cemento hidráulico).

2.5.2 Muestreo y ensayos

Muestreo del agua

Cuando se tiene dudas del agua que se va a emplear para la elaboración de pastas, morteros y hormigones hidráulicos, se procede a tomar muestras representativas, igual que con otros materiales y productos. Al tomar la muestra de agua, esta se enviará al laboratorio para realizarle los ensayos correspondientes y se debe tener en cuenta:

- Envasarla en un recipiente de cristal limpio
- Taparla herméticamente con parafina

Una vez que obtenemos los resultados del laboratorio, decidimos si se puede utilizar para nuestros fines.

Ensayos del agua

Aunque al agua se le realizan una serie de ensayos, solamente se presentarán dos de ellos: el peso específico para el cálculo del diseño de mezclas de morteros y hormigones hidráulicos y el porcentaje de cloruro de sodio (sal común) para determinar su uso.

Ensayo no. 1: Peso específico

Objetivo: determinar el peso específico del agua en condiciones ambientales normales.

Norma vigente: es considerado a nivel internacional que el peso específico del agua es de 1 kg/dm^3 , aproximadamente.

Comentario técnico: el agua como uno de los componentes de las pastas, morteros y hormigones hidráulicos, es de gran importancia ya que hace reaccionar las partículas de cemento que van a unir a los áridos, además de humedecer a las piedras y arenas, que le da laborabilidad a las mezclas.

Equipos, medios y utensilios:

- Agua para ensayar
- Probeta graduada de 1 000 mL
- Balanza técnica con precisión de 1 g

Procedimiento:

1. Se pesa la probeta (tara).
2. Se vierte en la probeta el agua hasta la medida de 1 000 mL.
3. Se pesa la probeta con el agua y se anota el resultado.

Cálculo:

- Determinar el peso neto del agua
- Peso neto del agua = peso de la probeta con agua – peso de la probeta
- Determinar el peso específico del agua.
- Peso específico del agua =
$$\frac{\text{Peso del agua}}{\text{Volumen de agua}}$$

Resultados obtenidos:

Peso neto del agua	Peso específico del agua	Especificaciones
		1 kg/dm ³

Ensayo no. 2: Cloruro de sodio (NaCl)

Objetivo: determinar el porcentaje de cloruro de sodio en agua, el que se va a utilizar para hormigones armados.

Norma vigente: NC 54/001

Comentario técnico: es importante conocer el porcentaje de cloruro de sodio (sal común), cuando se va a utilizar el agua para hormigones armados, ya que, contribuye a la corrosión del acero de refuerzo y más en Cuba por ser una isla larga y estrecha, en la que se construyen gran cantidad de obras.

Equipos, medios y utensilios:

- Probeta graduada con el agua para ensayar
- Balanza con precisión de 1 g

- Vaso de precipitado
- Mechero o estufa

Procedimiento:

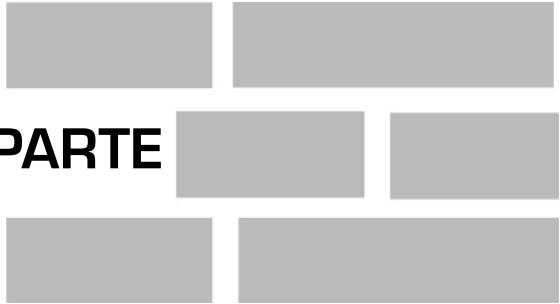
1. Se pesa el recipiente (tara) = P_i (peso inicial).
2. Se vierte $\frac{1}{2}$ L de agua en el vaso de precipitado.
3. Se le da calor hasta la ebullición total.
4. Se deja enfriar, hasta la temperatura ambiente.
5. Se pesa nuevamente el vaso con el sólido obtenido = P_f (peso final).

Cálculo: determinar la cantidad de cloruro de sodio que contiene el agua.

Cantidad de NaCl = $P_i - P_f \cdot 2$

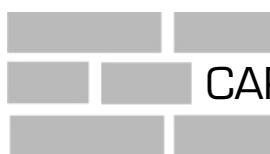
Resultados obtenidos:

Cantidad de NaCl (g/L)	Especificaciones	Cumple



SEGUNDA PARTE

Elaboración de pastas, morteros hidráulicos, hormigones hidráulicos y hormigones armados



CAPÍTULO 3

Pastas y morteros hidráulicos

A partir de esta segunda parte del libro, abordaremos aquellos productos que son elaborados a pie de obra o en plantas; se consideran los materiales estudiados en la primera parte sobre: áridos (arenas y piedras) y aglomerantes (yeso, cal y cemento); además del agua para la elaboración de pastas, morteros hidráulicos, hormigones hidráulicos y acero de reforzamiento en hormigones armados.

3.1 Pastas

Se puede definir las pastas en la construcción como el producto que se obtiene del fraguado y endurecimiento de una mezcla, de uno o más aglomerantes y agua suficiente por tanteo, para que sea plástica y laborable. Se emplearán en las superficies de algunas paredes que deben quedar lisas y pulidas.

Las juntas entre losetas y baldosas hidráulicas para pisos deben quedar selladas, impermeables y pulidas; ya que el material de relleno debe penetrar y no podrá contener ni áridos finos (arenas), ni polvo de piedra.

Los aglomerantes yeso, cal y cemento hidráulico son polvos muy finos, que al mezclarse con agua forman una pasta (sin granos); se utilizó para sellar, impermeabilizar, producir superficies lisas y pulidas, que al agregarles pigmentos se les imprime un bello colorido.

Características

Las pastas presentan un color entre gris y blanco, en dependencia del aglomerante que se emplee, pero si le agregamos pigmentos toma una coloración variada; además, el agua hace reaccionar a los aglomerantes y pigmentos al darles la plasticidad deseada, aunque en exceso, las puede diluir y licuar.

Al paso del tiempo las pastas fraguan y endurecen; forman un cuerpo sólido, que con los instrumentos de albañilería (cuchara o plana metálica) se extienden y alisan sobre la superficie; también, al colocarlas en un molde toman su forma. Las de cemento hidráulico son impermeables.

3.1.1 Componentes, elaboración, clasificación y propiedades

Componentes

Los materiales componentes de las pastas generalmente son dos materias primas: el aglomerante y el agua, donde cada uno de ellos cumple sus funciones.

- El aglomerante tiene la función de unir los elementos componentes, dar consistencia y formar la capa resistente; donde:
 - Las pastas de yeso fraguan y endurecen más rápido.
 - Las pastas de cal son de fraguado y endurecimiento más lento.
 - Las pastas de cemento nos dan dureza e impermeabilización.
 - Las pastas, combinando diferentes aglomerantes, mejoran propiedades.
- El agua, que debe ser potable, tiene las funciones de hacer reaccionar todas las partículas de los aglomerantes utilizados para que fraguen y endurezcan; además, posibilita que el polvo se vuelva pastoso y adquiera plasticidad.
- Otros componentes pueden ser algunos tipos de pasta a las que se añaden pigmento, polvo de mármol o agua de cola, que tienen como función imitar al mármol.

Elaboración

El proceso de elaboración de las pastas es muy sencillo. Se utiliza el método de tanteo, donde se le va añadiendo el agua de amasado, poco a poco al aglomerante que se empleará, hasta que tome la plasticidad deseada para su aplicación. También se les pueden agregar pigmentos para darles el color deseado.

En la elaboración de las pastas de yeso, se preparará la cantidad necesaria que se pueda aplicar en unos 20 min, por tener este aglomerante un fraguado muy rápido.

Clasificación

De acuerdo con el tipo de aglomerante seleccionado y el uso que se les den a las pastas, se van a clasificar en dos grupos:

- Según el aglomerante:
 - Pastas de yeso
 - Pastas de cal (hidrato)
 - Pastas de cemento (gris o blanco)
 - Pastas combinadas (más de un aglomerante)
- Según el uso:
 - Pastas aéreas: de yeso, de cal o ambas; fragua y endurece en el aire, al reaccionar el agua y evaporarse. Se aplican en interiores porque la humedad los deteriora.
 - Pastas hidráulicas: se preparan con cemento hidráulico que fragua y endurece tanto en el aire como en el agua, al reaccionar y evaporarse. Se aplican tanto en interiores como en exteriores, ya que proporcionan impermeabilización a las superficies donde son aplicadas.

Propiedades

Las pastas, por no tener granos de arenas ni polvo de piedra en su composición, tienen una serie de propiedades muy importantes como son:

- Proporcionan superficies lisas.
- Tienen alta docilidad.
- Presentan gran adherencia.
- Se adaptan al molde o al medio donde se apliquen.
- Fraguan y endurecen rápido por aplicarse en capas de poco espesor.
- Las elaboradas con yeso fraguan y endurecen muy rápido.

3.1.2 Tipos de pastas y usos

A pesar de ser las pastas el producto que se elabora a pie de obra, con menor uso que los morteros y hormigones hidráulicos, por el desarrollo industrial de la construcción es variado y de gran empleo, sobre todo en restauraciones. Los más conocidos son: los enlucidos, las escayolas, los estucos y los derretidos de cemento hidráulico.

Características de los más conocidos:

- Enlucidos: formada por masilla de cal y yeso. Se usa cuando se quiere que las paredes y techos tengan una superficie muy blanca y completamente lisa porque:
 - La masilla le proporciona el cuerpo a la pasta.
 - El yeso le proporciona el fraguado y endurecimiento rápido.

- Se emplea una llana o plana metálica para extender la pasta sobre la superficie con maestría.
- Escayolas: está formada por una base de yeso de buena calidad y agua de cola. Se usa cuando se quiere obtener una superficie lisa, pulida y brillante en las paredes. Se emplea una llana o plana metálica y una muñequilla (pañuelo de cera y aguarrás), y para lograr mayor resistencia se pueden emplear partes iguales de yeso y cal.
- Estucos: formada por masilla de cal, yeso y polvo de mármol fino. Se usa cuando se quiere aplicar a una superficie ya trabajada, con un resano fino terminado; además, se le puede añadir cemento blanco y dar coloración; también se le pueden pintar vetas para imitar al mármol.
- Derretido de cemento: formada por cemento y agua a tanteo. Se usa cuando se quiere sellar o impermeabilizar, un piso de losetas o baldosas hidráulicas, losas de azotea o azulejos.

Al colocar las piezas antes mencionadas, quedan entre ellas espacios que es necesario sellar, para que no penetre la humedad en las juntas y entonces se les vierte un derretido para sellarlas. Se emplean en la aplicación del derretido de cemento: cucharas de albañil, brochas y escobas como utensilios de apoyo en el trabajo (figura 3.1).

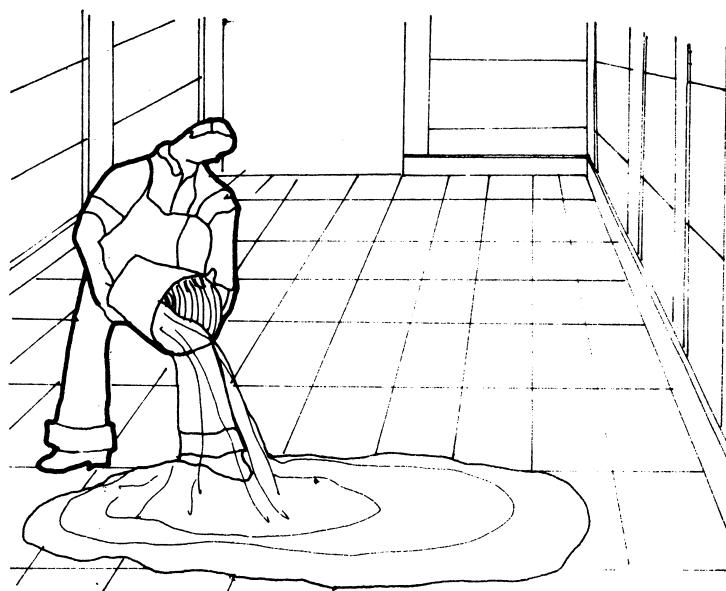


Fig. 3.1 Pasta de derretido de cemento.

3.2 Morteros hidráulicos

3.2.1 Generalidades

Con anterioridad, se han estudiado elementos importantes relacionados con los componentes de los morteros y hormigones hidráulicos (áridos, cemento y agua), que por sí solos no cumplen objetivos en las obras de construcción; pero que es necesario tener conocimientos sobre sus características y propiedades, ya que unidos entre sí, forman mezclas imprescindibles para la ejecución de obras.

En este capítulo se abordan contenidos importantes como: los materiales componentes y sus funciones; la clasificación, la dosificación, el diseño, la elaboración y el control de la calidad de las mezclas para albañilería.

Un mortero hidráulico, se puede definir como la unión de árido fino (arena) con uno o más aglomerantes (cemento, yeso, cal o ambas) y agua, en proporciones adecuadas; forman una masa laborable que fragua y endurece con el tiempo.

Origen del mortero hidráulico

En la antigüedad, el mortero hidráulico estaba constituido por arena y cal, que se conoce con el nombre de argamasa. Tenía como inconveniente una larga demora en el fraguado y endurecimiento. Posteriormente, fueron modificados para acelerar el fraguado y endurecimiento, al adicionarles algunos productos como: sangre de toros, clara de huevos, caseína y otros.

A partir del siglo xix, al ser descubierto el cemento Portland, el uso de los morteros hidráulicos con este aglomerante se incrementó, por la rapidez necesaria del fraguado y endurecimiento en los trabajos de albañilería; así como por la propiedad impermeabilizante que posee. Su empleo se ha extendido en obras civiles, hidráulicas y viales; también para unir piedras naturales y artificiales.

Características

Con el conocimiento del mundo exterior el hombre logra, mediante el desarrollo de sus mecanismos sensoriales, percibir las características de los morteros hidráulicos.

Mediante la **vista** nos damos cuenta de las diversas **formas** que adquiere este producto elaborado como: la del molde o la que se le dé al colocarlo cuando revestimos un muro. También, podemos apreciar la variación de **color**, desde el gris claro al oscuro, cuando fragua y endurece; influyen la consistencia y las condiciones ambientales donde se prepara.

Otro mecanismo importante es el **tacto**, que nos permite darnos cuenta de la **resistencia** al agarre y la compresión que tienen los morteros hidráulicos al tocarlos; además, no debemos olvidar su aplicación inmediata una vez elaborado, ya que comienza a fraguar en un tiempo dado, sobre todo los de yeso (a partir de 20 min) o cemento (a partir de 45 min).

3.2.2 Materiales componentes y funciones

Los morteros hidráulicos tienen como componentes básicos el árido fino (arenas), el aglomerante (cemento, yeso o cal) y el agua; además, se les puede adicionar recebo (polvo de piedra caliza con arcilla) para obtener mayor plasticidad en las mezclas (figura 3.2).

Los morteros hidráulicos de cemento y arenas son más resistentes, pero menos adhesivos; por lo que se les puede añadir cal, recebo o ambos para darles mayor laborabilidad y plasticidad; se logra un mejor agarre en los revestimientos, aunque disminuye su resistencia mecánica.

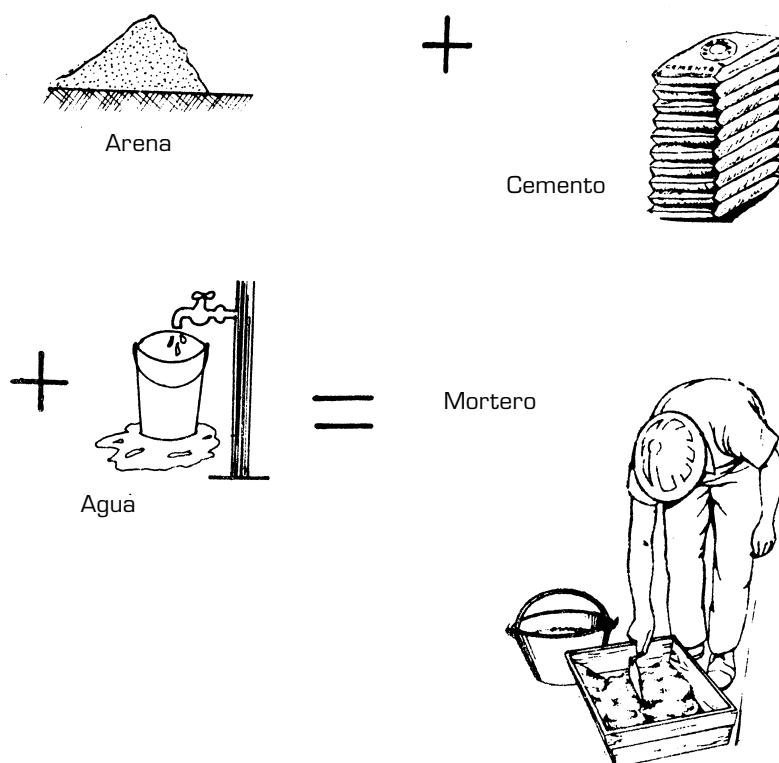


Fig. 3.2 Componentes de los morteros hidráulicos.

Funciones

Cada uno de los tres componentes de los morteros hidráulicos (árido fino, árido grueso y el agua), debe cumplir con varias funciones dentro de las mezclas que se elaboren independiente de las adiciones químicas que se les pueda añadir para mejorar la laborabilidad o resistencia, las cuales se exponen a continuación:

- Árido fino (arenas):

- Aporta al mortero la mayor resistencia a la compresión
- Proporciona la mayor laborabilidad en la mezcla
- Permite el paso del aire a la mezcla lo que facilita el fraguado
- Reduce el costo del mortero pero mantiene su poder adherente y su resistencia

Los morteros más resistentes son los de arenas de granos gruesos; necesitan más pasta aglomerante para llenar los espacios y son más adhesivos. La forma y tamaño de los granos de arena influye en la laborabilidad de la mezcla, pudiendo ser de: granos finos, intermedios y gruesos; además, las arenas de granos finos necesitan más agua por tener mayor superficie específica en un mismo volumen, y los morteros obtenidos son más porosos y con menos adherencia. Las arenas de granos angulosos se adhieren mejor que las lisas y redondeadas.

- Aglomerantes (cemento, yeso y cal):

- Unir los granos de arenas entre sí
- Unir o entrelazar el resto de los materiales
- Llenar los espacios vacíos entre los granos de arenas

En los morteros de cemento el fraguado y endurecimiento se produce tanto en el aire como en el agua y la cantidad de cemento es determinante en la resistencia a la compresión y la permeabilidad de estos.

Los morteros de yeso admiten poca arena, porque su fraguado rápido limita el amasado; se puede, en ocasiones, eliminar la arena y se convierten en una pasta de agua con yeso.

Los morteros de cal, generalmente a los siete días, alcanzan el endurecimiento requerido, que continuará durante meses y años por la carbonatación del calcio.

- Agua:

- Hacer reaccionar a las partículas de cemento
- Humedecer las arenas
- Dar mayor laborabilidad a las mezclas

El agua que se utilice en morteros hidráulicos debe ser potable y libre de impurezas perjudiciales que obstruyan el fraguado y endurecimiento de los aglomerantes.

3.2.3 Clasificación, dosificación y tablas de los morteros

Clasificación

Por el uso tan variado que tienen los morteros hidráulicos en la ejecución de obras civiles, hidráulicas y viales, los clasificaremos en cinco grupos por su: masa volumétrica, material aglomerante, cantidad de agua que se emplea, clase de material inerte, aplicación y calidad:

- Según su masa volumétrica:
 - Pesados ----- (2 000 kg/m³ a 3 000 kg/m³)
 - Menos pesados --- (1 500 kg/m³ a 2 000 kg/m³)
 - Ligeros ----- (menor de 1 500 kg/m³)
- Según el material aglomerante:
 - De cemento (aglomerante hidráulico). Endurecen en el aire y el agua.
 - De yeso (aglomerante aéreo). Endurecen en el aire.
 - De cal (aglomerante aéreo). Endurecen en el aire.
- Según la cantidad de agua que se emplea:
 - Secos (poca agua)
 - Pastoso (suficiente agua)
 - Fluidos (exceso de agua)
- Según la clase de material inerte:
 - Morteros de arena de yacimientos naturales; constituidos por arena de ríos, mar o minas.
 - Morteros de arena de obtención artificial; constituidos por arena de cantera (trituración artificial).
- Según su aplicación:
 - Levantamiento de muros.
 - Asentamiento de elementos estructurales (cimientos, columnas, etcétera).
 - Relleno de juntas en albañilería (muros de bloques y ladrillos, etcétera).
 - Resano de paredes.
 - Decoraciones.

- Según su calidad (tabla 3.1)

Tabla 3.1 Calidad de los morteros hidráulicos

Tipo	Marca (MPa)	Resistencia a compresión a los 28 días (kg/cm ²)	Cemento	Uso	
I	M-2,5	25	CA-160	Albañilería	
II	M-5	50			
III	M-7,5	75			
IV	M-10	100			
V	M-15	150			
VI	M-20	200	P-250	Juntas de estructuras	
VII	M-25	250			
VIII	M-30	300	P-350		
IX	M-35	350			
X	M-40	400	P-350	Inyecciones	
XI	M-45	450			

Para determinar la cantidad de materiales para elaborar 1 m³ de mortero hidráulico y obtener la resistencia a la compresión a los 28 días, es necesario dosificarlos por un método determinado aprobado.

Dosificación

De acuerdo con lo planteado en el párrafo anterior sobre la **dosificación** del mortero hidráulico podemos definirla como cantidad de materiales determinadas en proporciones adecuadas (arena, cemento y agua), que mezcladas permiten elaborar el mortero adecuado, según su calidad.

Tipos de dosificaciones:

1. Dosificación volumétrica: los materiales se miden en volumen y se emplean en obras abiertas.
2. Dosificación gravimétrica: los materiales se miden en peso y se emplean en investigaciones de laboratorio y en prefabricados.

Por su mayor uso en la ejecución de obra, se utiliza en el diseño de mezclas la dosificación volumétrica en los cálculos correspondientes, de acuerdo con la actividad deseada; aunque en caso necesario, puede realizarse una conversión de volumen a peso (figura 3.3).

Tablas

En el diseño de las mezclas de morteros hidráulicos para 1 m³, es necesario utilizar tablas como apoyo en la dosificación de las cantidades de materiales. A continuación se proponen:

En la tabla 3.2 se establecen las actividades de albañilería más comunes, el tipo de mortero, la calidad del cemento que se debe emplear, así como las proporciones volumétricas.

Tabla 3.2 Proporciones volumétricas para morteros hidráulicos, de acuerdo con la actividad prevista y la calidad del cemento

Actividades	Tipo de mortero	Cemento P-350				Cemento P-250			
		Cem.	Are.	Rec.	Cal	Cem.	Are.	Rec.	Cal
Muros carga									
Bloques:	III	1	4	2	-	1	4	1	-
Ladrillos:		1	4	-	2	1	4	-	1
Muros cierre	II	1	6	2	-	1	5	1	-
Bloques:		1	6	-	2	1	5	-	1
Ladrillos:									
Revestimientos									
Resanos:	III	1	4	2	-	1	4	1	-
Grueso:	I	1	8	2	-	1	6	2	-
Finos:	I	1	8	-	2	1	6	-	2
Enchapes									
Azulejos:	III	1	4	2	-	1	4	1	-
Cerámicas:	III	1	4	2	-	1	4	1	-
Losetas hidr.	II	1	6	-	2	1	5	-	1
Baldosas hidr.	II	1	6	2	-	1	5	1	-
Pisos									
Losetas hidr.	I	1	8	2	-	1	6	1	-
Baldosas hidr.	II	1	6	-	2	1	5	-	1
Piedra natural	II	1	6	2	-	1	5	1	-
Gres cerámico	IV	1	3	1	-	1	2	1	-
Juntas:	IV	1	3	1	-	1	2,5	-	-
Prefabricados:	V	1	3	-	-	1	2	-	-
Enlucidos:	V	1	3	-	-	1	2,5	-	-
Cisternas:	V	1	3	-	-	1	2	-	-

En la tabla 3.3 se establece la calidad del mortero, la relación agua-cemento (w), así como la actividad donde se empleará.

Tabla 3.3 Relación agua-cemento para morteros hidráulicos

Calidad del mortero	Relación A/C (W)	Actividad
M-2,5	0,80	
M-5,0	0,75	
M-7,5	0,70	
M-10	0,65	
M-15	0,60	Albañilería

M-20 ----- M-25	0,60 ----- 0,50	Estructuras
M-30 ----- M-35	0,50 ----- 0,40	
M-40 ----- M-45	0,40 ----- 0,30	

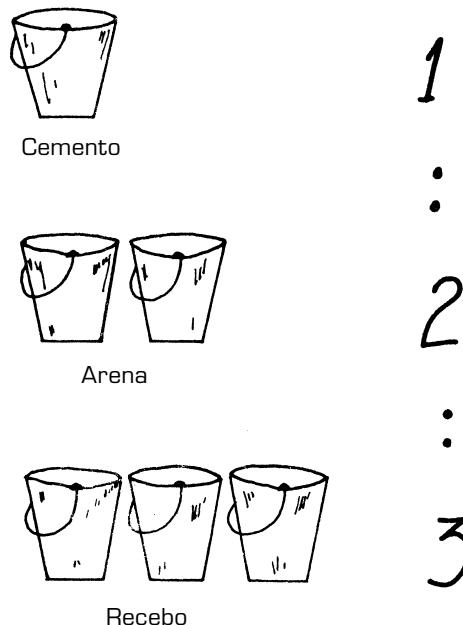


Fig. 3.3 Proporciones volumétricas de los morteros.

En la tabla 3.4 se establece el incremento de agua a la relación agua-cemento de acuerdo con el mes del año.

Tabla 3.43 Incremento de agua para morteros hidráulicos

Meses del año	Incremento de agua por RA/C (W)
Dic.-Ene.-Feb.	-
Mar.-Abr.-May.	0,05
Jun.-Jul.-Ago.	0,10
Sep.-Oct.-Nov.	0,05

En la tabla 3.5 se establece el factor de rendimiento (R) del albañil que realizará la actividad, según su calificación.

Tabla 3.5 Factor de rendimiento del albañil para morteros hidráulicos

Albañil	Rendimiento (R)
A	0,90
B	0,85

Albañil	Rendimiento (R)
C	0,80
D	0,75

3.2.4 Diseño de mezcla

El diseño de las mezclas de morteros hidráulicos se calcula por los técnicos especialistas, con el objetivo de elaborarlas ensayando las probetas normadas resultantes, para confeccionar las tablas de proporciones, que servirán de guía en los trabajos de albañilería.

En este capítulo se aborda el diseño de mezclas de las proporciones volumétricas para 1 m³ de mortero hidráulico, que parten de las tablas establecidas.

Los tipos de morteros de albañilería más empleados y sus proporciones volumétricas se establecen en la tabla 3.2; estas proporciones se encuentran reflejadas de acuerdo con la actividad y la calidad del cemento. A continuación proponemos un **método universal** para el diseño de mezclas.

EJERCICIOS PROPUESTOS

Problemática 1

Determinar las cantidades de materiales en volumen para 1 m³ de mortero hidráulico, con el objetivo de levantar muros con bloques de hormigón para cierre en una vivienda; donde trabajará un albañil "A" en julio y un mortero M-7,5; dispondrá de cemento P-350, arena y recebo.

Método para el diseño de mezcla del mortero hidráulico

I. Actividades y proporciones volumétricas:

En la tabla 3.2 se establecen las actividades de albañilería más comunes, así como las proporciones volumétricas para cada tipo de mortero:

- Actividad: muros de cierre con bloques de hormigón.
- Proporción volumétrica: 1: 6: 2 (calidad del cemento = P-350).

II. Relación agua-cemento = W y rendimiento = R:

En la tabla 3.3 determina la relación agua-cemento según la calidad del mortero.

En la tabla 3.4 determina el incremento del agua según el mes del año.

En la tabla 3.5 determina el factor de rendimiento del albañil según su calificación.

a) Relación agua-cemento: $W = 0,70 + 0,10 = 0,80$ (tablas 3.3 y 3.4).
 b) Rendimiento: $R = 0,90$ (albañil A).

III. Cantidad de materiales para 1 m³ de mortero:

Obtenidos los valores necesarios en las tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5; se procede a determinar la cantidad de materiales por medio de las fórmulas que siguen:

a) Cantidad de cemento (Cc)

$$Cc = \frac{c}{(c + f + r + W) (R)}$$

$$Cc = \frac{1}{(1 + 6 + 2 + 0,80) (0,90)}$$

$$Cc = \frac{c}{(9,80) (0,90)}$$

$$Cc = \frac{1}{8,82} \quad Cc = 0,112 \text{ m}^3$$

b) Cantidad de fino (arena)

$$Cf = \frac{f}{(c + f + r + W) (R)}$$

$$Cf = \frac{6}{(1 + 6 + 2 + 0,80) (0,90)}$$

$$Cf = \frac{6}{(9,80) (0,90)}$$

$$Cf = \frac{6}{8,82} \quad Cf = 0,680 \text{ m}^3$$

c) Cantidad de recebo (Cr)

$$Cr = \frac{r}{(c + f + r + W) (R)}$$

$$Cr = \frac{2}{(1 + 6 + 2 + 0,80) (0,90)}$$

$$Cr = \frac{1}{(9,80) (0,90)}$$

$$Cr = \frac{1}{8,82} \quad Cr = 0,224 \text{ m}^3$$

d) Cantidad de agua

$$Ca = (W) (Cc) \quad Ca = (0,80) (0,112) \quad Ca = 0,101 \text{ m}^3 = 101 \text{ L}$$

a) Total de materiales (Tm)

$$\begin{aligned} Cc &= 0,112 \text{ m}^3 && \text{Cemento} \\ Cf &= 0,680 \text{ m}^3 && \text{Arena} \\ Cr &= 0,224 \text{ m}^3 && \text{Recebo} \\ Ca &= \underline{0,090 \text{ m}^3} && \text{Agua} \\ && 11,06 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

f) Comprobación

$$1 \text{ m}^3 = (Tm = \text{Total de materiales}) (R = \text{Rendimiento})$$

$$1 \text{ m}^3 = (1,106 \text{ m}^3) (0,90)$$

$$0,996 = 1 \text{ m}^3 \text{ (aproximadamente)}$$

Problemática 2

En los meses de invierno enero y febrero, se colocarán pisos con baldosas hidráulicas, con un mortero M-5, por albañiles de calificación "B" en un policlínico en el municipio de Playa; se dispone de cemento P-250, arena y cal para 10 m³ de mortero hidráulico.

I. Actividades y proporciones volumétricas (tabla 3.2):

- Actividad: colocación de pisos con baldosas hidráulicas.
- Proporción volumétrica: 1; 5; 1 (calidad del cemento = P-250).

II. Relación agua-cemento = W y rendimiento = R (tablas 3.3, 3.4 y 3.5):

- Relación agua-cemento: $W = 0,75 + 0,00 = 0,75$
- Rendimiento: $R = 0,85$ (albañil B).

III. Cantidad de materiales para 1 m³ de mortero:

a) Cantidad de cemento (Cc)

$$Cc = \frac{c}{(c + f + cal + W) (R)} \quad Cc = \frac{1}{(1 + 5 + 1 + 0,75) (0,85)}$$

$$Cc = \frac{1}{(7,75)(0,85)} \quad Cc = \frac{1}{6,59} \quad Cc = 0,152 \text{ m}^3$$

b) Cantidad de fino (Cf). Arena

$$Cf = \frac{f}{[c + f + cal + W] (R)} \quad Cf = \frac{5}{(1 + 5 + 1 + 0,75) (0,85)}$$

$$C_f = \frac{5}{(7,75)(0,85)} \quad C_f = \frac{5}{6,59} \quad C_f = 0,759 \text{ m}^3$$

c) Cantidad de cal (Ccal)

$$C_{cal} = \frac{f}{(c + f + cal + W) (R)} \quad C_r = \frac{1}{(1 + 5 + 1 + 0,75) (0,85)}$$

$$C_{cal} = \frac{1}{(7,75) \cdot (0,85)} \quad C_{cal} = \frac{1}{6,59} \quad C_{cal} = 0,152 \text{ m}^3$$

d) Cantidad de agua

$$Ca = (W) (Cc) \quad Ca = [0,75] [0,152] \quad Ca = 0,114 \text{ m}^3 = 114 \text{ L}$$

e) Total de materiales (Tm)

$$\begin{aligned} Cc &= 0,152 \text{ m}^3 & \text{Cemento} &----- (10) = 1,520 \text{ m}^3 \\ Cf &= 0,759 \text{ m}^3 & \text{Arena} &----- (10) = 7,590 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll} C_{cal} = 0,152 \text{ m}^3 & \text{Cal} \dots & (10) = 1,500 \text{ m}^3 \\ \text{Ca} = \underline{0,114 \text{ m}^3} & \text{Agua} \dots & (10) = 1,140 \text{ m}^3 \\ & 1,177 \text{ m}^3 & \end{array}$$

f) Comprobación

$$1 \text{ m}^3 = (\text{Tm}) (\text{R})$$

$$1 \text{ m}^3 = (1,177 \text{ m}^3) (0,85)$$

1,0005 = 1 m³ (aproximadamente)

3.2.5 Elaboración de la mezcla

El mortero hidráulico se compone de tres o más componentes, que en proporciones adecuadas, según el diseño de la mezcla, se puede elaborar de forma manual o mecánica, de acuerdo con las condiciones donde se va a preparar el mortero; como se expone a continuación:

- Forma manual: se emplea cuando se va a elaborar poca cantidad de mezcla y se realiza sobre una superficie lisa, sólida, limpia y nivelada.

Orden para realizar el amasado manual:

1. Se vierte la arena sobre la superficie limpia.
2. Se vierte el aglomerante.
3. Se mezcla el aglomerante y la arena (figura 3.4).
4. Se agrupan los materiales mezclados formando un todo y se realiza una corona en el centro, donde se vierte el agua (figura 3.5).
5. Se amasa con cuidado para que no se derrame el agua, se dan vueltas de pala hasta lograr la plasticidad y homogeneidad deseada (figura 3.6).
6. Se traslada al lugar de colocación.

- Forma mecánica: se emplea cuando se elaboran grandes cantidades de mezcla y se utilizan mezcladoras, que permiten que se obtenga una mezcla más homogénea (figura 3.7).

Orden para realizar el amasado mecánico en mezcladoras:

1. Se vierte una parte del agua en la mezcladora.
2. Se vierte la arena y se pone en movimiento la mezcladora.
3. Se vierte el aglomerante.
4. Se incorpora el agua necesaria hasta lograr un mortero con la plasticidad deseada.
5. Se extrae y se lleva al lugar donde se va a utilizar.



Fig. 3.4 Elaboración manual (arena y cemento).



Fig. 3.5 Vertido del agua en la mezcla.



Fig. 3.6 Elaboración manual de los componentes del mortero.

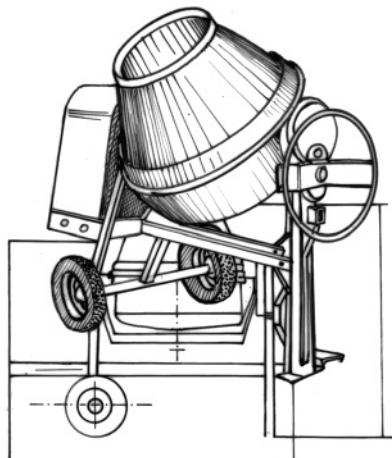


Fig. 3.7 Elaboración mecánica del mortero.

Enmoldado de la mezcla:

1. El mortero hidráulico, al igual que otros productos elaborados con cemento y agua, se somete a ensayos con el objetivo de comprobar sus propiedades; para esto después de amasada la mezcla se verterá en moldes de acero de gran dureza, cuyas dimensiones interiores son: 400 x 400 x 160 mm, el espesor de las paredes y es de 10 mm, además las caras interiores son planas.
2. Una vez enmoldada la mezcla se vierte una porción de aproximadamente 300 g en cada compartimiento del molde. Previamente al llenado, sus paredes y bases serán engrasadas para facilitar el desmolde.

Conservación de las probetas

La conservación de las probetas se realiza, en un laboratorio de ensayos que tenga una temperatura adecuada. Las probetas se introducen en cámaras que puedan mantener la humedad relativa, con una temperatura de 25 + -2 °C.

3.2.6 Control de la calidad, inspección, muestreo y ensayos

Control de la calidad

El interés y la preocupación por los procedimientos relativos a la calidad en la ejecución de las obras son facetas comunes a todas las actividades económicas del proceso inversionista en la construcción.

El objetivo que persigue el control de la calidad en los morteros hidráulicos, normalizados mediante los ensayos de laboratorio es: comprobar la resistencia mecánica, partiendo de las proporciones adecuadas de los componentes del diseño de la mezcla, así como su elaboración para diferentes actividades, considerando las normas técnicas vigentes en el sector de la construcción.

El mortero hidráulico es uno de los productos que se elabora a pie de obra para su ejecución, y por ello la exigencia de su calidad es muy importante; por lo que, es imprescindible analizar antes y durante la ejecución los materiales componentes, así como su control de calidad mediante la inspección (observación), el muestreo y los ensayos correspondientes.

Inspección

Mediante la inspección se observarán todos los materiales componentes de los morteros hidráulicos, con el objetivo de seleccionar adecuadamente los más apropiados para la obtención de la calidad requerida; de acuerdo con lo que establecen las especificaciones de las normas vigentes en cada uno de ellos. Para la inspección también se tendrán en cuenta el diseño y la elaboración de la mezcla, con el propósito de lograr la calidad deseada de los morteros hidráulicos (figura 3.8).

Materiales componentes del mortero hidráulico:

- **Áridos finos (arenas)**

En los áridos finos deben evitarse la presencia de arcillas, limos, carbones y materia orgánica, pues retrazan el fraguado del cemento hidráulico y debilitan la resistencia mecánica; aunque pueden admitirse adheridas a las arenas, cuando su proporción sea inferior de 3 %.

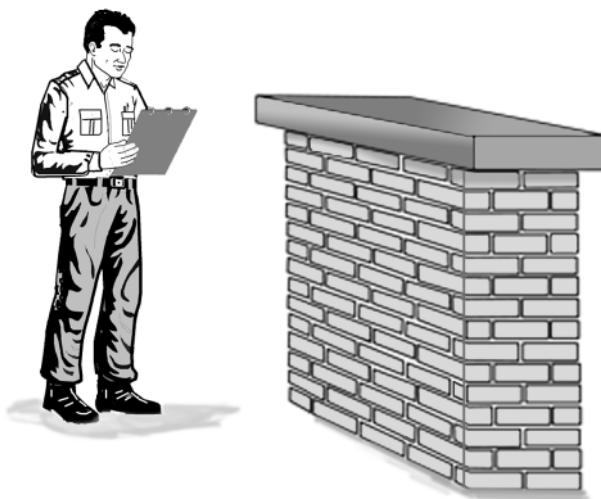


Fig. 3.8 Observación en paredes con mortero hidráulico.

- **Aglomerantes (cemento, yeso o cal)**

Los aglomerantes no deben contener grumos (pequeñas bolas); además, debe evitarse el contacto con la humedad, porque los hidrata y disminuye su poder adherente.

- **Recebo (adición)**

En cuanto al recebo como adición, tiene como objetivo darle plasticidad a la mezcla, aunque baja la resistencia de los morteros hidráulicos.

- **Aguas**

Se puede utilizar el agua potable y aquellas que no contengan sustancias que dificulten el fraguado y endurecimiento de los morteros hidráulicos, así como evitar las que producen eflorescencias (nata blanca).

- **El diseño**

El diseño de la mezcla debe realizarse con precisión, según el método establecido y revisarse, con el objetivo de determinar las cantidades de materiales para 1 m³ de mortero hidráulico.

- **La elaboración de la mezcla**

La elaboración de la mezcla de morteros hidráulicos puede ser manual o mecánica; pero, hay que tener presente el tiempo de amasado y además, cumplir el orden establecido.

Muestreo

Para determinar la calidad y comprobar las propiedades de los morteros hidráulicos es necesario realizarles una serie de ensayos normalizados.

Se logra con la toma de muestras representativas, tanto de los materiales componentes como de el propio mortero, una vez elaborado.

El muestreo consiste en tomar una parte representativa del mortero elaborado para realizar, posteriormente, los ensayos correspondientes, donde la cantidad de probetas depende de las edades necesarias y pueden ser a 3, 7 y 28 días en los laboratorios de materiales y productos para la construcción.

La toma de muestra para la realización de los ensayos de morteros hidráulicos es muy importante en cualquier tipo de material o producto; pero, en este caso se preparará y tomará directamente en el laboratorio, considerando la dosificación calculada y las proporciones resultantes.

Ensayos

Los ensayos de laboratorio se les realizan a los morteros hidráulicos para comprobar sus propiedades y su calidad de acuerdo con los parámetros establecidos en las especificaciones por las normas cubanas y que se enumeran a continuación:

1. Mezcla de prueba (mortero normalizado).
2. Resistencia a la flexotracción.
3. Resistencia a compresión.
4. Permeabilidad.

Ensayo no.1: Mezcla de prueba (mortero normalizado)

Objetivo: elaborar la mezcla de prueba con probetas cúbicas de 40 x 40 x 160 mm para realizar los ensayos de resistencia a flexo tracción y resistencia a compresión del cemento hidráulico, utilizando un mortero normalizado de arena, cemento y agua.

Norma vigente: NC 54/110

Comentario técnico: según la norma, en este ensayo se debe utilizar arena sílice, cemento y agua, para elaborar el mortero normalizado.

Equipos, medios y utensilios:

- Materiales necesarios (arena sílice, cemento y agua)
- Bandeja
- Recipiente
- Cuchara de albañil
- Cronómetro o reloj
- Paño
- Molde
- Mesa de fluidez

Procedimiento:

1. Pesar 450 g de cemento, y 1 350 g de arena sílice.
2. Medir 225 mL de agua.
3. Mezclar el cemento, la arena y el agua en la bandeja durante 30 segundos.
4. Colocar un paño húmedo sobre la mezcla.
5. Dejar reposar la mezcla durante 90 segundos.
6. Reanudar el mezclado durante 60 segundos.
7. Verter en los moldes la mezcla hasta la mitad y compactamos (60).
8. Llenar los moldes, compactando otras 60 veces.
9. Enrasar los moldes, alisando la cara superior de las probetas.
10. Conservar las probetas dentro de los moldes de 20 a 28 horas.
11. Desmoldar y sumergirnos en agua hasta la fecha de rotura.
12. A los 3, 7 o 28 días se sacan las probetas para ensayarlas.

Ensayo no. 2: Resistencia a flexotracción

Objetivo: determinar la resistencia a flexotracción del cemento hidráulico, en un mortero normalizado: de arena sílice, cemento y agua.

Norma vigente: NC 54/110.

Comentario técnico: las probetas que se elaboran de mortero normalizado, a las edades de 3, 7 y 28 días, serán ensayadas a flexotracción para obtener los valores correspondientes, y los extremos (cúbicas de 40 x 40 mm) se utilizarán en los ensayos de resistencia a compresión.

Equipos, medios y utensilios:

- Probeta de mortero normalizado
- Máquina para el ensayo de flexotracción

Cálculo:

Se determina la resistencia a flexotracción.

$$R_{ft} = 0,234 \times P \quad \text{para } l = 10 \text{ cm.}$$

P = Carga de rotura l = distancia entre cilindros

Resultados obtenidos:

Carga de rotura	Resistencia a flexotracción	Especificaciones

Ensayo no. 3: Resistencia a compresión

Objetivo: determinar la resistencia a compresión del cemento hidráulico en morteros.

Norma vigente: NC 54/109

Comentario técnico: los dos extremos de las probetas ensayadas a flexotracción (40 x 40 x 40 mm) son utilizadas en el ensayo de resistencia a compresión. Los resultados obtenidos se tomarán para determinar la calidad del cemento.

Equipos, medios y utensilios:

- Probetas de morteros normalizados (40 x 40 x 40 mm)
- Máquina (prensa) para el ensayo.

Procedimiento:

1. Colocar la probeta (40 x 40 x 40 mm) entre los platos de la máquina.
2. Comenzar a aplicar la carga entre 10 y 20 kg/cm².
3. Al romperse la probeta, anotamos los kg/cm² aplicados.

Cálculo:

Determinamos la resistencia a compresión del cemento hidráulico.

$$R_c = \frac{P \text{ (carga aplicada en kg)}}{S \text{ (área de la sección)}}$$

Resultados obtenidos:

Carga (P) en kg	Resistencia a compresión	Especificaciones

Ensayo no. 4: Permeabilidad

Objetivo: determinar la cantidad de agua que penetra en el mortero endurecido durante 30 minutos.

Norma vigente: NC 54/110

Comentario técnico: la permeabilidad tiene gran importancia en los morteros endurecidos, ya que al penetrar los líquidos por sus poros, se dilatan y lo hacen menos resistente.

3.2.7 Propiedades

Las construcciones siempre van a estar sometidas a la acción de agentes externos, que con el tiempo pueden provocar deformaciones en los materiales y productos integrantes de las obras; componentes como las arenas y el cemento pierden cualidades, afectando las propiedades de los morteros.

El conglomerado más empleado en la construcción es sin dudas el mortero hidráulico, porque está presente en cualquier tipo de obra por sus múltiples usos. Por esto, deberá cumplir con una serie de propiedades inherentes a ellos, las cuales se podrán comprobar con los ensayos de laboratorio presentes en este tema; como son:

- Adherencia
- Laborabilidad
- Permeabilidad
- Durabilidad
- Resistencia a la compresión
- Constancia de volumen

Propiedades inherentes al mortero hidráulico:

- a) La adherencia: unirse a los materiales o productos con los cuales está en contacto (piedras, ladrillos, bloques, etc.), en dependencia de las características del aglomerante, de la superficie y su naturaleza (figura 3.9).
- b) La laborabilidad: lograr con un mínimo de esfuerzo el movimiento de la masa en estado fresco para poderse: mezclar, transportar, colocar y extender así como cumplir con la función de adherencia.

En estado endurecido:

- a) Permeabilidad: es la propiedad que posee el mortero de dejarse atravesar por los líquidos, este producto elaborado con arenas finas es muy poroso pero poco permeable; en cambio si es compactado se logra menor porosidad.
- b) Durabilidad: es la propiedad que posee el mortero de mantenerse en el tiempo sin destruirse, existiendo agentes químicos, físicos, mecánicos y combinados que tienden a destruirlos; a través de su vida útil.
- c) Resistencia a la compresión: es la propiedad que posee el mortero de resistir las cargas a compresión hasta el momento de rotura, aunque debe de resistir para lo que fue diseñado.
- d) Constancia de volumen: es la propiedad que posee el mortero de no cambiar de volumen después de fraguado y endurecido, por lo que los

morteros de albañilería se deben mantener estable para evitar los entumecimientos (aumento de volumen) o las retracciones (disminución de volumen).

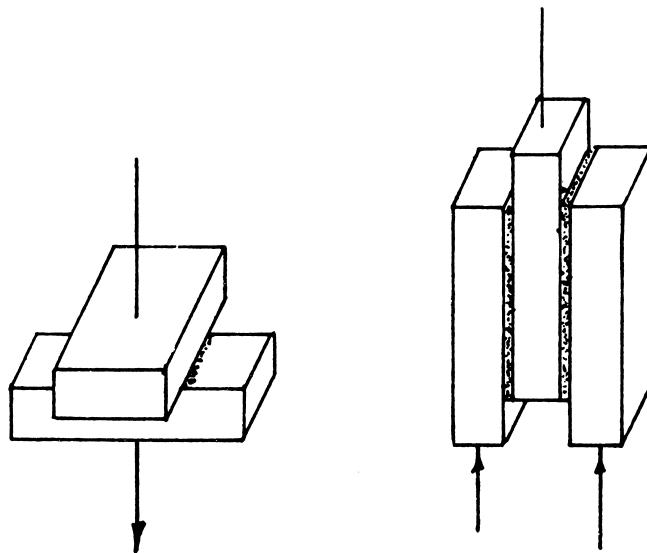
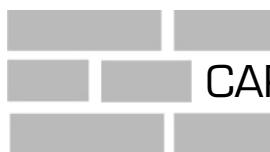


Fig. 3.9 Adherencia de los morteros.



CAPÍTULO 4

Hormigón hidráulico

4.1 Generalidades

El hormigón hidráulico es un producto para la construcción empleado en nuestros días, con el fin de lograr la resistencia a compresión de elementos que componen las diferentes estructuras. Se señalara el origen, características, materiales componentes y función de cada uno de ellos; también la dosificación, diseño, elaboración y control de la calidad.

El hormigón no solo debe cumplir con las exigencias de resistencia a la compresión, sino también con los parámetros necesarios, que garanticen su vida de servicio y su resistencia a los agentes agresivos naturales para garantizar su mayor durabilidad.

El hormigón hidráulico es considerado como el producto de construcción más importante para la ejecución de obras ingenieras y de arquitecturas. Lo podemos definir como el producto resultante de la mezcla de áridos, pasta de cemento y agua, en proporciones adecuadas, que fragua y endurece con el tiempo; se obtiene así una piedra artificial de forma y resistencia a compresión prediseñada.

Origen del hormigón hidráulico

El hormigón es un producto elaborado desde la antigüedad; se ha empleado en su preparación cales grasas, puzolanas y ladrillos pulverizados. A partir del descubrimiento del cemento Portland, en 1811, se comienzan a realizar investigaciones para mejorar su calidad y patentizarlo.

En la segunda mitad del siglo xix aparecen las primeras construcciones de hormigón. Se utilizó el cemento, primero como hormigón masivo y posteriormente, con el desarrollo de la siderurgia (producción de acero), como hormigón armado, utilizando el propio acero como refuerzo del hormigón para asumir los esfuerzos de tracción.

En la época actual, se ha logrado la obtención de hormigones de alta calidad, y la unión con el acero ha posibilitado la construcción de obras

ingenieras de diversos tipo. Cada día, con la experiencia y las investigaciones sobre el tema, surgen nuevas técnicas de preparación y aplicación, con el fin de aprovechar al máximo todas las cualidades y bondades que nos brinda este producto.

Características

Al igual que en los morteros hidráulicos, tema abordado en el capítulo anterior, podemos emplear para los hormigones hidráulicos los mecanismos sensoriales que nos permitan percibir sus características.

Por **la vista**, se puede identificar las diferentes **formas** que adopta el hormigón hidráulico como piedra artificial, que se adapta al molde que lo contiene (cimientos, vigas, columnas, escaleras, etc.). También podemos apreciar la variación de **color**, desde el gris claro al oscuro; cuando fragua y endurece, influyen la consistencia y las condiciones ambientales donde se prepara.

Al utilizar **el tacto**, se sabe que el hormigón hidráulico es resistente **al agarre y a la compresión**, además que es de gran peso al tratar de levantarla.

Debido a la avanzada tecnología desarrollada en su elaboración, desde el momento de realizar el diseño de la dosificación de sus componentes con el empleo de un método determinado, se pueden prefijar: las propiedades, la resistencia mecánica, el peso y la permeabilidad.

Una vez elaborado el hormigón hidráulico, este debe: trasladarse, verterse, compactarse y curarse inmediatamente en el plazo establecido por las normas técnicas vigentes; debido al fraguado rápido del cemento.

4.1.1 Materiales componentes y funciones

Según la definición del hormigón hidráulico, tiene como componentes básicos: los áridos (piedras y arenas), el aglomerante (cemento) y el agua como lubricante. También, se le pueden añadir, aditivos para mejorar determinadas propiedades como acelerar o retardar el fraguado y la impermeabilización, entre otras.

Funciones

Cada uno de los componentes de los hormigones hidráulicos cumple con varias funciones dentro de las mezclas, se pueden apreciar a continuación:

- Árido grueso (piedras):
 - Aporta al hormigón la mayor resistencia a la compresión
 - Representa el mayor volumen dentro de los componentes del hormigón

- La forma (angulosa, redondeada o alargada) influye en la resistencia a la compresión del hormigón

En la elaboración de hormigones hidráulicos, se pueden emplear las piedras naturales que se extraen de las canteras por trituración artificial de rocas o por recolección en yacimientos. El empleo de piedras con formas inadecuadas dificulta la obtención de altas resistencias a la compresión, porque exige una dosis excesiva de cemento para lograrla.

Los áridos gruesos (piedras) requieren menor cantidad de agua que los áridos finos (arenas); esto se debe a su mayor tamaño.

- Árido fino (arenas):

- Llena los espacios vacíos entre las piedras
- Es el componente de menor precio
- Ayuda a la laborabilidad del hormigón

El árido fino esta conformado por las arenas de dimensiones menores de 5 mm, pueden extraerse de: ríos, mar, minas y canteras por trituración artificial de rocas naturales. Deben rechazarse las arenas que contengan: arcillas, carbón, cenizas de producciones industriales y todas aquellas sustancias que perjudican la futura calidad del hormigón hidráulico.

- Aglomerantes (cementos):

- Unir los granos de piedras y arenas entre sí
- Unir o entrelazar el resto de los materiales
- Llenar los espacios vacíos entre los granos de piedras y arenas (pasta)

En los hormigones hidráulicos el fraguado y endurecimiento se produce, tanto en el aire como en el agua, donde la cantidad del cemento es determinante en la resistencia a la compresión y su permeabilidad.

- Agua:

- Hacer reaccionar a las partículas de cemento
- Humedecer las piedras y las arenas
- Dar mayor laborabilidad a las mezclas

El agua que se utilice en los hormigones hidráulicos debe ser potable y libre de impurezas perjudiciales, que obstruyan el fraguado y endurecimiento de los aglomerantes. Se puede emplear en el curado del hormigón, para aumentar la resistencia a la compresión, ya que si es escasa, no se puede trabajar el hormigón por falta de plasticidad y si es excesiva, la masa de áridos y cemento quedará muy fluido, entonces pierde propiedades.

Ventajas y desventajas del hormigón hidráulico

El hormigón hidráulico presenta una serie de ventajas con respecto a otros materiales y productos para la construcción, las cuales indudablemente justifican su empleo tan difundido; así como algunas desventajas que no son muy significativas, puesto que se pueden compensar como son:

- Ventajas:

- Los materiales que se emplean para la fabricación del hormigón hidráulico son de fácil obtención (la materia prima puede ser local).
- Se puede utilizar tanto en estructuras monolíticas como en prefabricadas.
- Tiene un bajo nivel de gastos en la elaboración de estructuras.
- Permite la mecanización total de su elaboración.
- Se adapta fácilmente a cualquier tipo de molde por su plasticidad.
- Se moldea a temperatura normal, ya que no necesita calor.
- Es resistente al fuego, al menos hasta 400 °C.
- Se pueden añadir aditivos para mejorar sus propiedades.

- Desventajas:

- La fabricación de elementos estructurales con hormigón hidráulico (cimientos, columnas, vigas, escaleras, etc.) son de gran peso; pero, se compensa con la utilización de equipos para su transportación y colocación.
- El hormigón hidráulico tiene baja resistencia a los esfuerzos de tracción (10 o 15 veces inferior a la compresión); pero, se compensa utilizando acero de refuerzo. Sucede en el hormigón armado, ya que la armadura soporta las tensiones provocadas por los esfuerzos de tracción.

4.1.2 Clasificación

Por el gran empleo que tiene el hormigón hidráulico en elementos estructurales para la ejecución de obras civiles, hidráulicas y viales, los clasificaremos en cinco grupos según: el tipo, los áridos previstos, la masa volumétrica y la calidad:

- I. Según el tipo:

- Simples: aquellos donde intervienen los cuatro materiales componentes básicos (piedras, arenas, cemento y agua) y se dividen en:
 - Ordinario: para uso no especial como aceras y rellenos.
 - Terrazo: para producir efectos estéticos con superficies pulidas.

- Refractarios: para resistir altas temperaturas en paredes de hornos.
- Ciclópeo: para hormigones masivos (rajones y rajoncillos) en presas.

b) Armados: donde interviene el acero para absorber los esfuerzos de tracción, además de los cuatro componentes básicos del hormigón hidráulico:

- Normales: para uso en elementos estructurales (columnas, vigas, losas de entre pisos etc. (figura 4.1).
- Pretensado: para uso en elementos estructurales se tensa el acero (estirarlo), antes de colocar el hormigón en el molde (rigidez).
- Potensado: para uso en elementos estructurales se tensa el acero después de verter el hormigón.

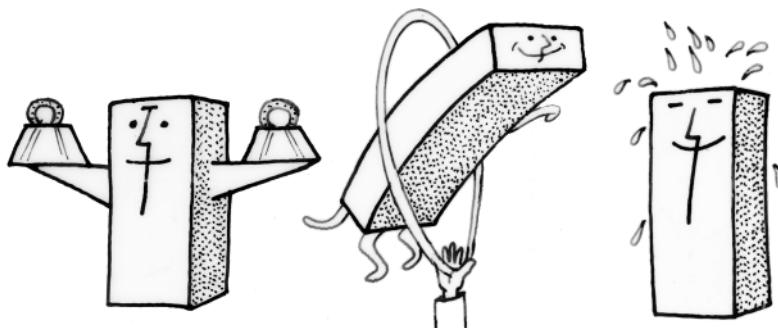


Fig. 4.1 Columnas de hormigón armado prefabricadas.

II. Según los áridos previstos:

- a) Áridos compactados: los que más se usan por el empleo de vibradores, que incrementan la compactación.
- b) Áridos porosos: logran hormigones hidráulicos ligeros (menos peso, con gases incorporados a la masa).
- c) Áridos especiales: cumplen funciones determinadas como: resistir el calor y las reacciones químicas.

III. Según la masa volumétrica:

- a) Muy pesados: la masa volumétrica es mayor de $2\ 500\ kg/m^3$; se utilizan en estructuras especiales, con áridos de gran peso.
- b) Pesados: la masa volumétrica está entre $2\ 200\ kg/m^3$ y $2\ 500\ kg/m^3$; se utilizan en estructuras portantes, con áridos triturados pesados.
- c) Aligerados: la masa volumétrica está entre $1\ 800\ kg/m^3$ y $2\ 500\ kg/m^3$; se utilizan en estructuras portantes, con áridos triturados pesados, pero, se aligera con orificios en el elemento estructural prefabricado.

d) Ligeros: la masa volumétrica está entre 500 kg/m³ y 1 800 kg/m³; se utilizan en estructuras exteriores de protección, con áridos porosos. Los hormigones ligeros tienen menor conductividad térmica en comparación con los pesados.

IV. Según la calidad:

Calidad del hormigón hidráulico a los 28 días				Observación
Grado de calidad		Grado de calidad		Observación
MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	
HH-10,0	100	HH-30,0	300	
HH-12,5	125	HH-32,5	325	
HH-15,0	150	HH-35,0	350	
HH-17,5	175	HH-37,5	375	
HH-20,0	200	HH-40,0	400	
HH-22,5	225	HH-42,5	425	
HH-25,0	250	HH-45,0	450	
HH-27,5	275	-	-	

4.1.3 Dosificación, métodos y tablas

Para determinar la cantidad de materiales para elaborar 1 m³ de hormigón hidráulico y obtener la resistencia a la compresión a los 28 días, es necesario dosificarlos por un método determinado aprobado.

Dosificación

De acuerdo con lo planteado en el párrafo anterior sobre la **dosificación** del hormigón hidráulico, podemos definirla como el diseño de la cantidad de materiales determinados en proporciones adecuadas (piedras, arenas, cemento y agua), que mezclados entre sí permiten elaborar el hormigón adecuado según la calidad requerida.

Es importante para el cálculo de las dosificaciones emplear un método reconocido, donde se une la teoría con la práctica y contar con el procedimiento adecuado, que se apoye en tablas, como resultados de investigaciones de laboratorios de materiales y productos para la construcción.

Se prohíbe la dosificación de hormigones solamente por medio el cálculo teórico, por lo que es necesario comprobarlos elaborando mezclas de pruebas que sean representativas en los laboratorios y ensayarlas a las edades requeridas.

Tipos de dosificaciones

Como en los morteros hidráulicos, también existen dos tipos de dosificación en los hormigones como son:

- Dosificación volumétrica: se emplea en la ejecución a pie de obra (los materiales se miden en volumen).
- Dosificación gravimétrica: se emplea en las plantas de prefabricados (los materiales se miden en peso).

Por su mayor uso en la ejecución de obra, se utiliza en el diseño de mezclas, la dosificación volumétrica en los cálculos correspondientes, de acuerdo con la actividad deseada y se convierte en dosificación gravimétrica para su uso en las plantas dosificadoras (*baching plant*) de hormigones hidráulicos y prefabricados (figura 4.2).

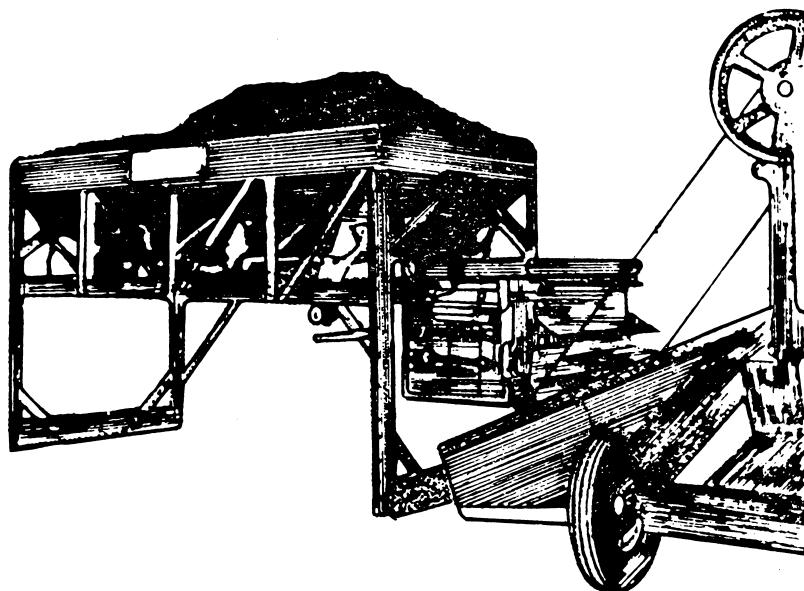


Fig. 4.2 Planta dosificadora de hormigón hidráulico.

Métodos para la dosificación

Internacionalmente, existen más de veinte métodos para dosificar mezclas de hormigón hidráulico (diseño de mezclas); no se llega a un acuerdo para adoptar un método único, fundamentalmente, por las características que presentan los áridos en cada región del planeta, gran variación.

Desde el siglo xx, y en el presente xxi, en Cuba se han empleado varios métodos para el diseño de mezclas; cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas; dentro de ellos tenemos:

- Método American Concret International (ACI)
- Método Fuller
- Método Bolumey
- Método búlgaro
- Método ruso
- Método cubano de dosificación O'Reilly

A finales del pasado siglo xx por necesidades del desarrollo económico en Cuba, que exigía un creciente volumen de construcciones, la industria de la construcción y el prefabricado, no tenían otra alternativa que utilizar los áridos disponibles en el país y tratar de ahorrar al máximo el cemento. Despues de un largo período de estudio e investigaciones encabezado por el Doctor en Ciencias Técnicas ingeniero Vitervo A. O'Reilly, se comienza a poner en práctica en Cuba y en otros países su método de dosificación, que se expone en este capítulo.

Método de dosificación O'Reilly

En su investigación de las canteras cubanas que producen áridos para la construcción, O'Reilly fue tomando proporciones de diferentes tamaños de piedras y las combinó con arenas; realizó numerosos ensayos de laboratorio, hasta lograr una combinación óptima de áridos con la menor cantidad posible de huecos y así poder dosificar el hormigón hidráulico.

Este método está basado en principios como: la forma y granulometría de los áridos, que difiere de otros y pueden resumirse en cuatro puntos:

1. Determinar las características de la forma de los áridos.
2. Determinar la mezcla óptima de los áridos, de acuerdo con sus características.
3. Determinar la resistencia a la compresión para lograr la plasticidad requerida.
4. Determinar la cantidad real de agua que requiere la masa de hormigón, de acuerdo con los áridos y la calidad del cemento; no solo por tablas, sino también mediante ensayos de laboratorio.

El método empleado en el diseño de mezcla debe quedar debidamente fundamentado, y documentado, según lo planteado por el reglamento técnico de la construcción del Ministerio de la Construcción (MICONS). También se tendrán en cuenta, las tablas de dosificación preliminares, obtenidas de los resultados de los ensayos normalizados de laboratorio, mediante la investigación realizada a los componentes del hormigón hidráulico.

Tablas para la dosificación

En el diseño de las mezclas de hormigones hidráulicos para 1 m³, es necesario utilizar tablas, como apoyo, en la dosificación de las cantidades de materiales; se proponen a continuación:

En la tabla 4.1 se establece la resistencia media del hormigón hidráulico (Rbm), la relaciones C/A y A/C; así como la cantidad de cemento por la característica "A" de los áridos.

Tabla 4.1 Kilogramos de cemento por resistencia media del hormigón hidráulico, reacción ATC y característica "A" de los áridos

Resistencia media del hormigón hidráulico (Rbm)		C/A	A/C	Kilogramos de cemento: característica "A" de los áridos					
MPa	kg/cm ²			0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
10	100	1,00	1,00	200	182	167	154	143	133
12,5	125	1,15	0,87	250	227	208	192	179	167
15	150	1,30	0,77	300	273	250	231	214	200
17,5	175	1,45	0,69	350	318	292	269	250	233
20	200	1,60	0,63	400	363	333	308	286	267
22,5	225	1,75	0,57	450	409	375	346	321	300
25	250	1,90	0,53	500	455	417	385	357	333
27,5	275	2,05	0,49	550	500	458	423	393	367
30	300	2,20	0,45	600	545	500	462	429	400
32,5	325	2,35	0,43	650	600	542	500	464	433
35	350	2,50	0,40	700	636	583	538	500	467
37,5	375	2,65	0,38	750	682	625	549	536	500
40	400	2,80	0,36	800	727	667	615	571	533
42,5	425	2,95	0,34	850	773	708	654	607	567
45	450	3,10	0,32	900	818	750	692	643	600

En las tablas 4.2 se establecen la resistencia media del hormigón hidráulico (Rbm), el asentamiento, así como los kilogramos por metro cúbico de agua según el tamaño máximo (TM) de las piedras, en milímetros.

Tabla 4.2 Litros de agua por: resistencia media, asentamiento y tamaño máximo de las piedras

Resistencia media del hormigón (Rbm)		Asentamiento en cm	kg de agua/m ³ según el TM de las piedras en mm			
MPa	kg/cm ²		40	20	10	5
H-10	100	0-4	180	190	200	210
		5-8	184	194	204	214
		9-12	187	197	207	217
		13-16	191	201	211	221

H-12,5	125	0-4	184	194	204	214
		5-8	187	197	207	217
		9-12	191	201	211	221
		13-16	194	204	214	224
H-15	150	0-4	187	197	207	217
		5-8	191	201	211	221
		9-12	194	204	214	224
		13-16	198	208	218	228
H-17,5	175	0-4	191	201	211	221
		5-8	194	204	214	224
		9-12	198	208	218	228
		13-16	201	211	221	231
H-20	200	0-4	194	204	214	224
		5-8	198	208	218	228
		9-12	201	211	221	231
		13-16	205	215	225	235
H-22,5	225	0-4	198	208	218	228
		5-8	201	211	221	231
		9-12	205	215	225	235
		13-16	208	218	228	238
H-25	250	0-4	201	211	221	231
		5-8	205	215	225	235
		9-12	208	218	226	238
		13-16	212	222	232	242
H-27,5	275	0-4	205	225	235	245
		5-8	208	218	228	238
		9-12	212	222	232	242
		13-16	215	225	235	245
H-30	300	0-4	208	218	228	238
		5-8	212	222	232	242
		9-12	215	225	235	245
		13-16	219	229	239	249
H-32,5	325	0-4	212	222	232	242
		5-8	215	225	235	245
		9-12	219	229	239	249
		13-16	222	232	242	252
H-35	350	0-4	215	225	235	245
		5-8	219	229	239	249
		9-12	222	232	242	252
		13-16	226	236	246	256
H-37,5	375	0-4	219	229	239	249
		5-8	222	232	242	252
		9-12	226	236	246	256
		13-16	229	239	249	259

Resistencia media del hormigón (Rbm)	Asentamiento en cm	kg de agua/m ³ según el TM de las piedras en mm				
		40	20	10	5	
MPa	kg/cm ²					
H-40	400	0-4	222	232	242	252
		5-8	226	236	246	256
		9-12	229	239	249	259
		13-16	233	243	253	263
H-42,5	425	0-4	226	236	246	256
		5-8	229	239	249	259
		9-12	233	243	253	263
		13-16	237	247	257	267
H-45	450	0-4	229	239	249	259
		5-8	233	243	253	263
		9-12	237	247	257	267
		13-16	240	250	260	270

La tabla 4.3 se emplea para el reajuste de la mezcla de prueba, cuando los resultados de resistencia a la compresión obtenidos a los 28 días, no cumplen con el diseño. Los factores M1 y M2 dependen del asentamiento para el reajuste.

Tabla 4.3 Factores M1 y M2 que dependen del asentamiento para el reajuste de la mezcla de hormigón hidráulico

Asentamiento (cm)	Valor M	Asentamiento (cm)	Valor M
3	M1 = 4,4447 M2 = 0,3014	10	M1 = 4,0219 M2 = 0,3572
4	M1 = 4,3843 M2 = 0,3014	11	M1 = 3,9615 M2 = 0,3074
5	M1 = 4,3239 M2 = 0,3101	12	M1 = 3,9011 M2 = 0,3780
6	M1 = 4,2635 M2 = 0,3189	13	M1 = 3,8407 M2 = 0,3888
7	M1 = 4,2031 M2 = 0,3281	14	M1 = 3,7803 M2 = 0,4000
8	M1 = 4,1427 M2 = 0,3375	15	M1 = 3,7199 M2 = 0,4115
9	M1 = 4,0823 M2 = 0,3472	16	M1 = 3,6595 M2 = 0,4233

La tabla 4.4 se emplea para el reajuste da la mezcla de prueba, cuando los resultados de resistencia a la compresión obtenidos a los 28 días, no cumplen con el diseño. El factor V depende de la relación agua-cemento = W

Tabla 4.4 Factor V = valor que depende de la relación $A/C = W$

W	Valor								
0,30	0,5229	0,40	0,3979	0,50	0,3010	0,60	0,2218	0,70	0,1549
0,31	0,5086	0,41	0,3872	0,51	0,2924	0,61	0,2147	0,71	0,1487
0,32	0,4946	0,42	0,3768	0,52	0,2840	0,62	0,2076	0,72	0,1427
0,33	0,4815	0,43	0,3665	0,53	0,2777	0,63	0,2007	0,73	0,1367
0,34	0,4685	0,44	0,3565	0,54	0,2676	0,64	0,1938	0,74	0,1308
0,35	0,4559	0,45	0,3468	0,55	0,2596	0,65	0,1870	0,75	0,1249
0,36	0,4437	0,46	0,3372	0,56	0,2518	0,66	0,1805	0,76	0,1192
0,37	0,4318	0,47	0,3279	0,57	0,2441	0,67	0,1739	0,77	0,1135
0,38	0,4202	0,48	0,3186	0,58	0,2336	0,68	0,1675	0,78	0,1078
0,39	0,4080	0,49	0,3098	0,59	0,2291	0,69	0,1612	0,79	0,1024

4.2 Diseño y elaboración de mezcla de prueba

Diseño de la mezcla

El diseño de mezclas para el hormigón hidráulico por el método de dobleificación O'Reilly se realiza con el objetivo de lograr obtener la cantidad mínima de cemento para 1 m^3 , que parte de ensayar cada uno de los componentes del hormigón, para poder determinar la relación óptima de los áridos. Dicha relación estará señalada por el porcentaje de sus huecos mínimo y se determina mediante ensayos de mezclas con las proporciones de arenas y piedras que siguen:

A/P A/P A/P A/P A/P
35:65 40:60 45:55 50:50 55:45

La cantidad de cemento es fundamental y depende de la resistencia del hormigón hidráulico que se diseñe y de la relación agua-cemento (valores que se encuentran reflejados en las tablas).

La cantidad de agua en litros por metros cúbicos, depende de la resistencia media del hormigón (R_{bm}), del tamaño máximo de las piedras y de la consistencia deseada; determinada por el asentamiento del cono de Abrams (tabla 4.5).

Tabla 4.5 Consistencia del hormigón hidráulico

Asentamiento en mm	Consistencia
0-40	Seca
50-80	Plástica

Asentamiento en mm	Consistencia
90-120	Blanda
130-160	Fluida
170-200	Muy fluida

La mezcla de prueba, que se les realiza a las probetas de hormigón hidráulico, tienen el objetivo de comprobar si el diseño cumple con lo establecido.

4.2.1 Ensayos para los componentes

Antes del procedimiento del diseño de la mezcla empleando el método O'Reilly es necesario realizar una serie de ensayos a los componentes de la mezcla de hormigón; es decir a los áridos (piedras y arenas), al cemento como aglomerante y al agua:

- I. Peso unitario compactado de la mezcla de áridos (PUCm).
- II. Peso específico corriente de la mezcla de áridos (PECm).
- III. Porcentaje de huecos de las proporciones de áridos.
- IV. Peso específico del cemento (PEc).
- V. Peso específico del agua (PEa).

Modelos para asentamiento de datos

A continuación, se reflejarán los modelos que se utilizan para asentar los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio, de los componentes del hormigón hidráulico, así como los cálculos correspondientes:

- I. Peso unitario compactado de la mezcla de áridos (PUCm).

Objetivo

Determinar el PUCm de los áridos finos y gruesos.

Tipos de áridos	Cantera	Ubicación	Codificación
Arenas			
Piedras			

- a) El PUCm se determina con la fórmula que sigue:

$$\begin{array}{l}
 \text{Volumen} \qquad \qquad \text{Peso} \\
 5 \text{ dm}^3 \text{ ----- pesan } 7,5 \text{ kg} \\
 1 \text{ } 000 \text{ dm}^3 \text{ ----- pesan } ? \text{ kg}
 \end{array}$$

$$PUCm = \frac{(1\ 000 \text{ dm}^3) (\text{Peso})}{\text{Volumen}}$$

$$PUCm = \frac{(1\ 000 \text{ dm}^3) (7,5 \text{ kg})}{5 \text{ dm}^3}$$

$$PUCm = 7\ 500 \text{ kg/dm}^3$$

Proporción de: arena/piedra	Volumen en dm ³	Peso de la muestra en kg	PUCm = $\frac{(1\ 000) (P)}{V}$
35 : 65			
40 : 60			
45 : 55			
50 : 50			
55 : 45			
Ejecutante:			Fecha:

II. Peso específico compactado de la mezcla de áridos (PECm):

Objetivo: determinar el PECm de los áridos finos y gruesos.

Tipos de áridos	Cantera	Ubicación	Codificación
Arenas			
Piedras			

a) El PEC de las arenas se determina con la fórmula que sigue:

$$PECa = \frac{A \text{ kg/m}^3}{B - C}$$

Donde:

A = Peso en el aire de la muestra seca en la estufa.

B = Volumen del frasco en mililitros

C = Peso en gramos o volumen en mililitros de agua añadida.

b) El PEC de las piedras se determina con la fórmula que sigue:

$$PECp = \frac{A \text{ kg/m}^3}{B - C}$$

Donde:

A = Peso en el aire de la muestra seca en la estufa.

B = Peso en el aire de la muestra saturada y superficialmente seca.

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

Proporción de: arena/piedra	PECa kg/m ³	PECp kg/m ³	PUCm = $\frac{PEC (\% A) + PECp (\% P)}{100}$
35 : 65			
40 : 60			

Proporción de: arena/piedra	PECa kg/m ³	PECp kg/m ³	$PUCm = \frac{PEC (\%) A + PECp (\%) P}{100}$
45 : 55			
50 : 50			
55 : 45			
Ejecutante:		Fecha:	

III. Porcentaje de huecos de las proporciones de áridos:

Objetivo: determinar el porcentaje de huecos de las proporciones de áridos finos y gruesos.

Tipos de áridos	Cantera	Ubicación	Codificación
Arenas			
Piedras			

a) El porcentaje de huecos de las proporciones de áridos se determina con la fórmula que sigue:

$$\% \text{ de huecos} = \frac{PECm - PUCm}{PECm}$$

Donde:

PECm = Peso específico corriente de la muestra.

PUCm = Peso unitario compactado de la muestra.

Proporción de: arena/piedra	PECm kg/m ³	PUCm kg/m ³	$\% \text{ de huecos} = \frac{PECm - PUCm}{PECm} \cdot 100$
35 : 65			
40 : 60			
45 : 55			
50 : 50			
55 : 45			
Ejecutante:		Fecha:	

IV. Peso específico del cemento:

Objetivo: determinar el peso específico del cemento (PEC).

El peso específico del cemento se obtiene mediante el ensayo de laboratorio abordado en el capítulo 1 de este libro. En Cuba, el peso específico del cemento promedio es de 3,10 kg/dm³, el que se utilizará, desde el punto de vista docente como una constante importante para el diseño de mezclas de hormigón hidráulico.

V. Peso específico del agua:

Objetivo: determinar el peso específico del agua (PEa).

Como se conoce el peso específico del agua es $1,00 \text{ kg/dm}^3$ aproximadamente; coeficiente que se utilizará como una constante para todos los cálculos, en los diseños de mezclas para 1 m^3 de hormigón hidráulico.

4.2.2 Metodología para el diseño de mezclas

Una vez realizados todos los ensayos correspondientes a los materiales componentes del hormigón hidráulico y obtenidos los resultados; se procede al diseño teórico.

La metodología que se propone para el diseño de mezclas, parte del método de dosificación O'Reilly, donde se utilizan las tablas que aparecen anteriormente (4.1, 4.2, 4.3 y 4.4), servirá de apoyo para el cálculo.

EJERCICIOS PROPUESTOS

A continuación, les proponemos dos problemáticas para la ejecución de obras, teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de laboratorio, realizados a los componentes del hormigón hidráulico, así como los datos necesarios del proyecto.

Problemática 1

Determinar las cantidades de materiales en volumen y en peso para 1 m^3 de hormigón hidráulico, con el objetivo de fabricar 2 columnas para el almacén de un supermercado, con una $R_{bm} = 225 \text{ kg/cm}^2$, según proyecto. Se conocen los datos de laboratorio que siguen:

Proporción de: arena/piedra	% de huecos	Datos según proyecto	Pesos específicos materiales kg/dm^3
35 : 65	30	Asentamiento = 40 mm	Cemento = 3,10
40 : 60	32	Tamaño piedra = 20 mm	Piedra = 2,70
45 : 55	36	Volumen poros = 20 dm^3	Arena = 2,60
50 : 50	40	Colum. $0,40 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 3,00 \text{ m}$	Agua = 1,00
55 : 45	37	Característica "A" = 0,55	$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ dm}^3$

Procedimiento para el diseño de mezclas de hormigón hidráulico

- I. Obtención de la relación óptima de los áridos, así como las cantidades de cemento y agua en kg:

- Relación óptima de arena y piedra (A:P)

Relación A:P = 35:65 (menor porcentaje de huecos)

b) Cantidad de cemento

$$Cc = 409 \text{ kg (tabla 4.1)}$$

c) Cantidad de agua

$$Ca = 208 \text{ kg (tabla 4.2)}$$

II. Obtención de las cantidades de materiales para 1 m³:

a) Determinar los volúmenes de cemento, agua y áridos (fórmulas)

$$Vc + Va + Vf + Vg + Vp = 1 \text{ m}^3 \text{ donde: Volumen} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso específico}}$$

$$\frac{Pc}{PEc} + \frac{Pa}{PEa} + V. \text{ áridos} + Vp = 1 \text{ } 000 \text{ dm}^3 \text{ donde: } V. \text{ áridos} = Vf + Vg$$

$$\frac{409 \text{ kg}}{3,1 \text{ kg/dm}^3} + \frac{208 \text{ kg}}{1,0 \text{ kg/dm}^3} + V. \text{ áridos} + 20 \text{ dm}^3 = 1 \text{ } 000 \text{ dm}^3$$

$$132 \text{ dm}^3 + 208 \text{ dm}^3 + V. \text{ áridos} + 20 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

$$360 \text{ dm}^3 + V. \text{ áridos} = 1 \text{ } 000 \text{ dm}^3 \text{ donde: } V. \text{ áridos} = 1 \text{ } 000 \text{ dm}^3 - 360 \text{ dm}^3$$

$$\text{V. áridos} = 640 \text{ dm}^3$$

b) Determinar volumen de: arena y piedra (fórmulas):

$$V. \text{ arena} = \frac{(V. \text{ áridos}) (A)}{100} \text{ donde: } A = \text{proporción de la arena}$$

$$V. \text{ arena} = \frac{(640 \text{ dm}^3) (35)}{100} \text{ } \mathbf{V. \text{ arena} = 224 \text{ dm}^3}$$

$$V. \text{ piedra} = \frac{(V. \text{ áridos}) (B)}{100} \text{ donde } B = \text{proporción de la piedra}$$

$$V. \text{ piedra} = \frac{(640 \text{ dm}^3) (65)}{100} \text{ } \mathbf{V. \text{ piedra} = 416 \text{ dm}^3}$$

c) Determinar volumen total de materiales:

$$\text{Volumen de cemento} = 132 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volumen de arena} = 224 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volumen de piedra} = 416 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 208 \text{ dm}^3$$

$$\text{Total de materiales} = 980 \text{ dm}^3$$

Observaciones

Una vez obtenidos el volumen de cada uno de los componentes del hormigón hidráulico, procedemos a elaborar la mezcla de prueba para determinar la resistencia a compresión de este; a las edades de 3, 7 y 28 días.

En caso de que el resultado obtenido en la mezcla de prueba del hormigón no cumpla con lo establecido en las especificaciones, se procede al reajuste del diseño de mezcla.

Reajuste del diseño

- I. Obtención de la Rh 28, Rc 28 y la característica "A" de los áridos:
 - a) Determinar la Rh 28 (resistencia a compresión del hormigón a los 28 días)
Por resultado del laboratorio: $Rh\ 28 = 275\ kg/cm^2$
 - b) Determinar la Rc 28 (resistencia a compresión del cemento a los 28 días)
Por resultado del laboratorio: $Rc\ 28 = 260\ kg/cm^2$
 - c) Determinar la característica "A" de los áridos (fórmula)

$$"A" = \frac{Rh\ 28}{Rc\ 28\ (M1 \cdot V + M2)} \quad \text{donde: M1 y M2 se toman de la tabla 4.3} \\ \text{el valor V se toman de la tabla 4.4}$$

$M1 = 4,3843 = 4,38$ (tabla 4.3). En relación con el asentamiento.

$M2 = 0,3014 = 0,30$ (tabla 4.3). En relación con el asentamiento.

$V = 0,2441 = 0,24$ (tabla 4.4). En relación con el A/C = 0,57 (W).

$$"A" = \frac{275\ kg/cm^2}{260\ kg/cm^2\ (4,38 \cdot 0,24 + 0,30)} \quad "A" = \frac{275\ kg/cm^2}{260\ kg/cm^2\ (1,05 + 0,30)}$$

$$"A" = \frac{275\ kg/cm^2}{260\ kg/cm^2\ (1,35)} \quad "A" = \frac{275\ kg/cm^2}{351\ kg/cm^2} \quad "A" = 0,78$$

- II. Corrección de la cantidad de cemento:

- a) Determinar el valor V dependiente de la R A/C (W).

$$V = \frac{\frac{Rbm}{(Rc\ 28)\ ("A")} - M2}{M1} \quad V = \frac{\frac{225\ kg/cm^2}{[260\ kg/cm^2]\ (0,78)} - 0,30}{4,38}$$

$$V = \frac{\frac{225\ kg/cm^2}{203\ kg/cm^2} - 0,30}{4,38} \quad V = \frac{110\ kg/cm^2 - 0,30}{4,38} \quad V = \frac{0,80}{4,38}$$

$$V = 0,18$$

- b) Determinar la cantidad de cemento real

Con el valor V buscamos en la tabla 4.4 la nueva $R \frac{A}{C} = W = 0,66$

$$C_{rc} = \frac{a}{W} \text{ donde: } a = \text{agua en kg}$$

$$C_{rc} = \frac{215 \text{ kg}}{0,66} \quad C_{rc} = 326 \text{ kg}$$

c) Determinar el ahorro de cemento

$$A_c = C_i - C_{cr} \quad A_c = 409 \text{ kg} - 326 \quad A_c = 83 \text{ kg}$$

III. Obtención óptima de las cantidades de materiales:

a) Determinar el volumen de cemento, agua y áridos (fórmulas)

$$V_c + V_a + V_f + V_g + V_p = 1 \text{ m}^3 \text{ donde: Volumen} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso específico}}$$

$$\frac{P_c}{P_{Ec}} + \frac{P_a}{P_{Ea}} + V. \text{ áridos} + V_p = 1 \text{ 000 dm}^3 \text{ donde: } V. \text{ áridos} = V_f + V_g$$

$$\frac{326 \text{ kg}}{3,1 \text{ kg/dm}^3} + \frac{208 \text{ kg}}{1,0 \text{ kg/dm}^3} + V. \text{ áridos} + 20 \text{ dm}^3 = 1 \text{ 000 dm}^3$$

$$105 \text{ dm}^3 + 208 \text{ dm}^3 + V. \text{ áridos} + 20 \text{ dm}^3 = 1 \text{ 000 dm}^3$$

$$333 \text{ dm}^3 + V. \text{ áridos} = 1 \text{ 000 dm}^3 \text{ donde: } V. \text{ áridos} = 1 \text{ 000 dm}^3 - 333 \text{ dm}^3$$

$$V. \text{ áridos} = 667 \text{ dm}^3$$

b) Determinar volumen de arena y piedra (formulas)

$$V. \text{ arena} = \frac{(V. \text{ áridos}) (A)}{100} \quad \text{donde: } A = \text{proporción de la arena}$$

$$V. \text{ arena} = \frac{(607 \text{ dm}^3) (35)}{100} \quad V. \text{ arena} = 233 \text{ dm}^3$$

$$V. \text{ piedra} = \frac{(V. \text{ áridos}) (B)}{100} \quad \text{donde } B: = \text{proporción de la piedra}$$

$$V. \text{ piedra} = \frac{(667 \text{ dm}^3) (65)}{100} \quad V. \text{ piedra} = 434 \text{ dm}^3$$

c) Determinar volumen total de materiales

$$\text{Volumen de cemento} = 105 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volumen de arena} = 233 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volumen de piedra} = 434 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 208 \text{ dm}^3$$

$$\text{Total de materiales} = 980 \text{ dm}^3$$

Problemática 2

Determinar las cantidades de materiales en volumen y en peso para 5 m³ de hormigón hidráulico, con el objetivo de fabricar cuatro vigas de cerramiento para una cafetería de un círculo social, con una R_{bm} = 200 kg/cm² según proyecto. Se conocen los datos de laboratorio que siguen:

Proporción de: arena/piedra	% de huecos	Datos según proyecto	Pesos específicos materiales kg/dm ³
35 : 65	40	Asentamiento = 8 cm	Cemento = 3,10
40 : 60	42	Tamaño piedra = 10 mm	Piedra = 2,70
45 : 55	36	Volumen poros = 20 dm ³	Arena = 2,60
50 : 50	38	Colum. 0,20 m x 0,30 m x 3,00 m	Agua = 1,00
55 : 45	41	Característica "A" = 0,50	1m ³ = 1 000 dm ³

Procedimiento para el diseño de mezclas de hormigón hidráulico

- I. Obtención de la relación óptima de los áridos, así como las cantidades de cemento y agua en kilogramos:
 - a) Relación óptima de arena y piedra (A:P)
Relación A:P = 45:55 (menor % de huecos)
 - b) Cantidad de cemento
 $C_c = 400 \text{ kg}$ (tabla 4.1)
 - c) Cantidad de agua
 $C_a = 218 \text{ kg}$ (tabla 4.2 b)
- II. Obtención de las cantidades de materiales para 1 m³:
 - a) Determinar los volúmenes de cemento, agua y áridos (fórmulas).

$$V_c + V_a + V_f + V_g + V_p = 1 \text{ m}^3 \text{ donde: Volumen} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso específico}}$$

$$\frac{P_c}{P_{Ec}} + \frac{P_a}{P_{Ea}} + V. \text{ áridos} + V_p = 1 \text{ 000 dm}^3 \text{ donde: } V. \text{ áridos} = V_f + V_g$$

$$\frac{400 \text{ kg}}{3,1 \text{ kg/dm}^3} + \frac{218 \text{ kg}}{1,0 \text{ kg/dm}^3} + V. \text{ áridos} + 20 \text{ dm}^3 = 1 \text{ 000 dm}^3$$

$$129 \text{ dm}^3 + 218 \text{ dm}^3 + V. \text{ áridos} + 20 \text{ dm}^3 = 1 \text{ 000 dm}^3$$

$$367 \text{ dm}^3 + V. \text{ áridos} = 1 \text{ 000 dm}^3 \text{ donde: } V. \text{ áridos} = 1 \text{ 000 dm}^3 - 367 \text{ dm}^3$$

$$V. \text{ áridos} = 633 \text{ dm}^3$$

b) Determinar volumen de: arena y piedra (fórmulas):

$$V. \text{ arena} = \frac{(\text{V. áridos}) (A)}{100} \quad \text{donde: } A = \text{proporción de la arena}$$

$$V. \text{ arena} = \frac{(633 \text{ dm}^3) (45)}{100} \quad \mathbf{V. \text{ arena} = 284 \text{ dm}^3}$$

$$V. \text{ piedra} = \frac{(\text{V. áridos}) (B)}{100} \quad \text{donde: } B = \text{proporción de la piedra}$$

$$V. \text{ piedra} = \frac{(633 \text{ dm}^3) (55)}{100} \quad \mathbf{V. \text{ piedra} = 348 \text{ dm}^3}$$

c) Determinar volumen total de materiales:

Para 5 m³

Volumen de cemento = 129 dm³ (5) Volumen de cemento = 645 dm³

Volumen de arena = 285 dm³ (5) Volumen de arena = 1 425 dm³

Volumen de piedra = 348 dm³ (5) Volumen de piedra = 1 740 dm³

Volumen de agua = 218 dm³ (5) Volumen de agua = 1 090 dm³

Total de materiales = 980 dm³

Observaciones

Una vez obtenido el volumen de cada uno de los componentes del hormigón hidráulico, se procede a elaborar la mezcla de prueba para determinar la resistencia a compresión de este; a las edades de 3, 7 y 28 días.

En caso de que el resultado obtenido en la mezcla de prueba del hormigón no cumpla con lo establecido en las especificaciones, se procede al reajuste del diseño de mezcla; para ello debe dirigirse a la problemática 1 propuesta en este capítulo.

4.2.3 Elaboración de la mezcla de prueba

Después de calcular el diseño de mezcla, es necesario elaborarla y someterla a los ensayos correspondientes; se debe cumplir con los parámetros establecidos en las especificaciones de las normas, incluyendo el ensayo de resistencia a la compresión de las muestras (probetas): a 3, 7 y 28 días en el laboratorio. Para la elaboración de la mezcla de prueba se seguirá un procedimiento establecido, que exponemos a continuación:

a) Proporciones volumétricas.

Para aplicar adecuadamente una dosificación a pie de obra del hormigón hidráulico, se deben llevar las cantidades de materiales obtenidas en el

diseño de mezcla, una vez comprobado por los ensayos de las probetas en el laboratorio, a proporciones; y se toma como unidad al cemento.

Como ejemplo se utilizan los resultados obtenidos en el ejercicio anterior (problemática 2), sobre el procedimiento del diseño de mezcla y consiste en dividir cada volumen de material entre el volumen del cemento.

Proporciones:

$$\frac{\text{Volumen de cemento}}{\text{Volumen de cemento}} = \frac{129 \text{ dm}^3}{129 \text{ dm}^3} = 1$$

$$\frac{\text{Volumen de arena}}{\text{Volumen de cemento}} = \frac{285 \text{ dm}^3}{129 \text{ dm}^3} = 2,20 \text{ (veces el cemento)}$$

$$\frac{\text{Volumen de piedra}}{\text{Volumen de cemento}} = \frac{348 \text{ dm}^3}{129 \text{ dm}^3} = 2,70 \text{ (veces el cemento)}$$

$$\frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Volumen de cemento}} = \frac{218 \text{ dm}^3}{129 \text{ dm}^3} = 1,69$$

$$\begin{matrix} 1 : 2,20 : 2,70 \\ \text{C : A : P} \end{matrix}$$

Nota: el agua se vierte por tanteo buscando el asentamiento propuesto y la época del año en que se elabora el hormigón; se tiene en cuenta el agua para humedecer a los áridos, el agua para hacer reaccionar al cemento y el agua de laborabilidad.

b) Elaboración de la mezcla:

Con el resultado obtenido de las proporciones calculadas se elabora la muestra en pequeñas hormigoneras (figura 4.3); utilizando las probetas normalizadas para el hormigón hidráulico, las que se ensayaran a las edades de 3, 7 y 28 días (ver ensayo de resistencia a compresión).

c) Toma de la muestra:

- Para tomar la muestra de hormigón hidráulico, tanto a pie de obra como en plantas de prefabricado, se emplean moldes cilíndricos (probetas) de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto (ver ensayo de toma de muestra).
- La cantidad de probetas depende de las edades, según el tipo de obra o investigación; generalmente las edades son: 3, 7 y 28 días, aunque pueden ensayarse también a 24 y 48 horas; así como a 3, 6, 12 meses y más (en investigaciones).

- Las muestras se colocan en el cuarto de curado, ensayándose a las edades correspondientes; aunque la Rhm 28 (resistencia media del hormigón a los 28 días), es la que decide la calidad del mismo.

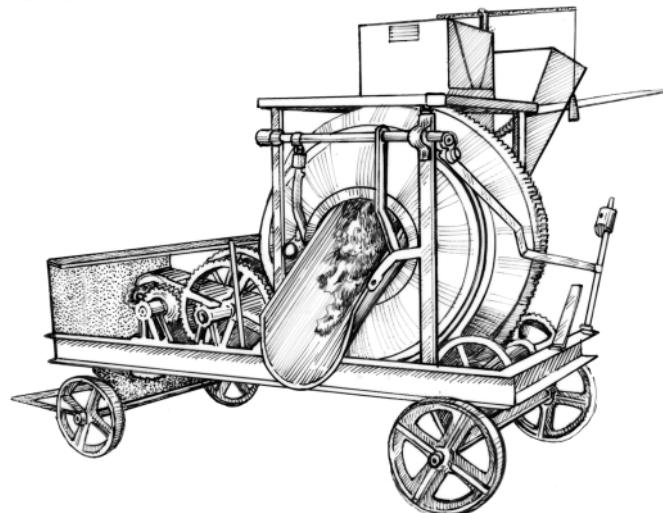


Fig. 4.3 Hormigonera de eje horizontal pequeña.

4.3 Control de la calidad

Al referirnos al control de la calidad podemos definirlo como una serie de actuaciones, procedimientos y controles encaminados a que los distintos materiales y productos (entre ellos el hormigón), posean el conjunto de propiedades especificadas en las normas según el proyecto.

El control de calidad del hormigón hidráulico es en esencia el mismo, tanto para el hormigón producido en plantas preparadoras, como para el hormigón producido a pie de obra por el propio usuario, en condiciones más o menos artesanales.

El concepto básico que tiene que primar es que el hormigón en la estructura tiene que cumplir con el desempeño para el cual ha sido diseñado, independientemente de dónde y cómo sea producido; según lo establecido en la NC 120/2004 *Hormigón hidráulico. Especificaciones*.

La calidad del hormigón hidráulico seleccionado para la ejecución de las obras, debe ir de la mano con las especificaciones del proyecto constructivo del proceso inversionista, pues de nada sirve un buen diseño si el hormigón con que va a confeccionarse en obra no está a su altura.

Muchos son los **factores** que influyen en la calidad del hormigón hidráulico como producto elaborado en obra, el cual por soportar grandes cargas

a compresión, obliga a vigilar el control riguroso de la calidad de sus materiales componentes (áridos, cemento y agua), los que deben ser analizados antes, durante y después de su aplicación (figura 4.4).

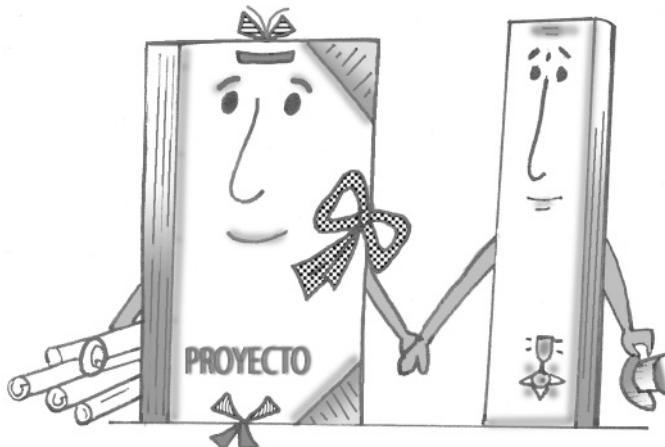


Fig. 4.4 Cumplimiento del diseño y requisito de los proyectos.

4.3.1 Factores que influyen en la calidad

El control de la calidad en el hormigón hidráulico es más preocupante aún que en los morteros, porque se utiliza, generalmente, para elementos estructurales, por lo que es más riguroso.

También el hormigón hidráulico es uno de los productos que se elaboran a pie de obra para su ejecución y, por ello, la exigencia de su calidad es muy importante. Es imprescindible analizar antes y durante la ejecución los materiales componentes, así como su control de calidad mediante la inspección (observación), el muestreo y los ensayos correspondientes (figura 4.5).

Para comprobar la resistencia mecánica se considerará el método que se utilice para el diseño de la mezcla, así como su elaboración para diferentes actividades; se consideran también, las normas técnicas vigentes en el sector de la construcción.

Entre los factores influyentes se encuentran:

a) Materiales componentes

Al igual que en los morteros se observarán todos los materiales componentes del hormigón en su elaboración, con el fin de seleccionar adecuadamente aquellos que cumplan con los requisitos propuestos en los proyectos.



Fig. 4.5 Observación de los materiales componentes del hormigón.

- **Los áridos finos (arenas)**

En los áridos finos debe evitarse la presencia de: arcillas, limos, materia orgánica, etc., pues retrazan el fraguado del cemento hidráulico y debilitan la resistencia mecánica del hormigón; aunque pueden admitirse adheridas a las arenas, cuando su proporción sea inferior a 3 %.

- **El cemento hidráulico**

Los aglomerantes no deben contener grumos (pequeñas bolas), además debe evitarse el contacto con la humedad, ya que los hidrata y disminuye su poder adherente y de resistencia mecánica.

El almacenamiento prolongado del cemento en bolsas se debe evitar rotándolo porque disminuye su resistencia mecánica, además no debe ser utilizado en las obras excesivamente calientes ya que con 60 °C puede experimentar falso fraguado.

- **Los áridos gruesos (piedras)**

Las piedras son las que aportan en el hormigón, el porcentaje mayor de resistencia y deben cumplir con las especificaciones establecidas tales como: homogéneas, compactas, resistentes, no tener grietas, ser adherentes, o sea, cumplir con las propiedades como material componente.

- **Las aguas**

Se puede utilizar el agua potable y aquellas que no contengan sustancias que dificulten el fraguado y endurecimiento de los hormigones hidráulicos; así como evitar las que producen eflorescencias (nata blanca).

b) Revisión del diseño de mezcla

Antes del diseño de mezcla debemos cerciorarnos de que se hayan realizado los ensayos correspondientes a los componentes del hormigón en el laboratorio, y refleja los resultados en los modelos establecidos. Este diseño se realizará considerando el procedimiento señalado anteriormente y se obtendrán las cantidades de los materiales para 1 m³ de hormigón; se contribuye con esto al ahorro de cemento.

c) Elaboración y toma de muestra

Se realizará de forma manual o mecanizada; siempre se velará por la calidad de los materiales que se van a emplear, para lograr que sean amasados formando una mezcla homogénea.

Para obtener la calidad que requiere la elaboración de la mezcla, no solo es suficiente cumplir con lo expresado, sino que también deberá corregirse sistemáticamente su composición para mantener en todo momento la dosificación según el proyecto; se controla, además, la humedad de la arena, el tamaño de los áridos y el tiempo de duración del mezclado.

d) Transportación

Elaborada la mezcla, se trasladará al lugar donde se colocará, utilizando como transporte: carretillas, remolques, bombeos, camiones hormigoneras, etc.; será esta última, la más empleada para transportar el hormigón desde grandes distancias hasta la obra (figura 4.6).

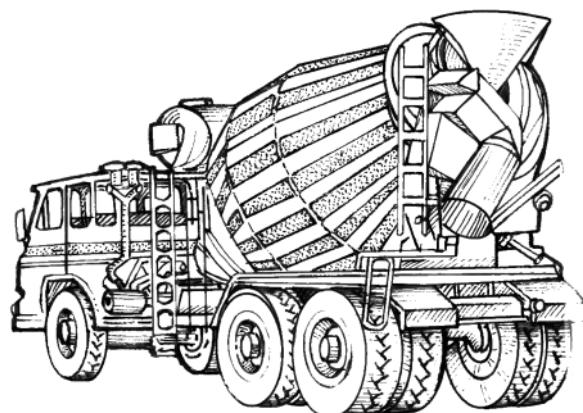


Fig. 4.6 Transportación del hormigón.

Requisitos para el control del transporte

- Los equipos de transporte deberán estar libres de hormigón o mortero endurecido, así como de desperfectos o desgastes en su superficie interior

- La velocidad del transporte utilizado deberá garantizar que:
 - El hormigón no pierda consistencia durante el tiempo de transportación entre el mezclado y su colocación.
 - No se disgreguen sus componentes.
 - No se alteren sus propiedades.
 - No sufra anegación (inundación) en caso de lluvia.
 - No ocurra desecación por el aire y el sol.
 - No ocurran pérdidas de hormigón por malas condiciones del camino.
- El tiempo máximo que deberá transcurrir entre la elaboración, transportación, vertido y colocación del hormigón se expresa en el cuadro que sigue:

Resistencia a la compresión	Tiempo que debe transcurrir
5 a 20 MPa (50 a 200 kg/cm ²)	60 min
20 a 30 MPa (200 a 300 kg/cm ²)	45 min
Mayor de 30 MPa (300 kg/cm ²)	30 min

e) Vertido (colocación)

Requisitos generales para la correcta colocación del hormigón:

- Se colocará en caída libre a una altura no mayor de dos metros, evitando así la disgregación de los áridos.
- Se colocará ininterrumpidamente en capas horizontales (figura 4.7) no mayor de 30 cm de espesor.
- Se debe colocar la capa siguiente antes que la anterior comience el endurecimiento.

Todas las operaciones se deben efectuar antes que se produzca el proceso de fraguado del hormigón.

f) Compactación

La compactación del hormigón en obra se realizará mediante procedimientos adecuados, con el objetivo de que se eliminen los huecos y se obtenga una mayor homogeneidad en la masa, sin que se produzca la disgregación.

El hormigón se debe compactar inmediatamente después de colocado en el molde, este proceso se prolongará hasta eliminar las oquedades.

Se debe compactar con vibradores (figura 4.8), permitiendo el uso de hormigones con menos agua y dotados de mejores cualidades. Si se utilizan vibradores internos estos deben sumergirse rápido y profundo en la masa de hormigón.

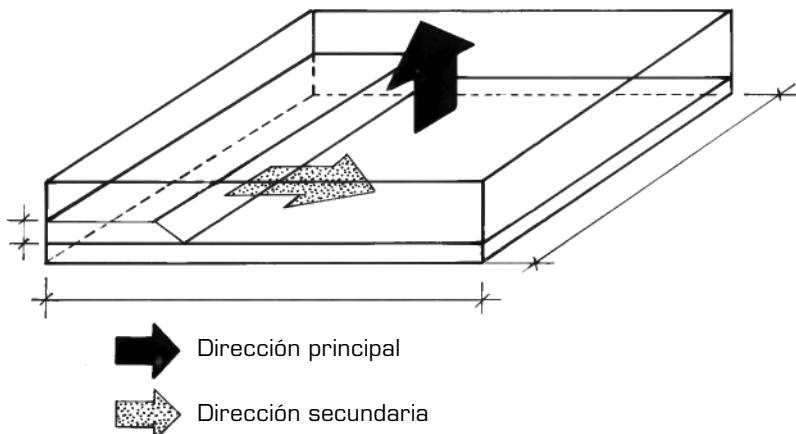


Fig. 4.7 Colocación del hormigón hidráulico en capas horizontales.

La vibración no debe detenerse mientras aparezcan en la superficie burbujas de aire. La consistencia de la mezcla influye en la compactación que se va a utilizar, por lo que se debe considerar lo que se plantea en la tabla siguiente:

Compactación	Consistencia
Vibrado enérgico y cuidadoso	Seca
Vibrado normal	Plástica
Apisonado	Blanda
Picado con barra	Fluida

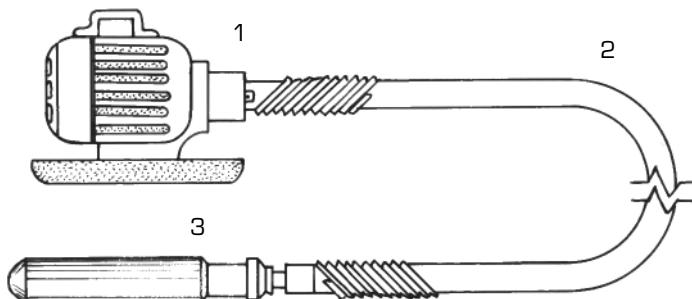


Fig. 4.8 Vibrador para compactar hormigón hidráulico.

g) Curado

Durante el proceso de fraguado inicial y primeros días del endurecimiento del hormigón, se debe asegurar que se mantenga la humedad exterior por medio del curado; con el fin de impedir la pérdida de agua interna para que reaccionen todas las partículas de cemento, y que alcance así la resistencia mecánica deseada (figura 4.9).

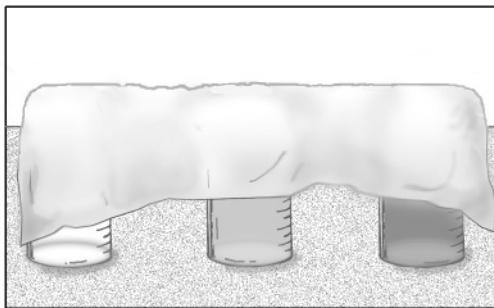


Fig. 4.9 Probeta de hormigón con paño húmedo para el curado.

4.3.2 Muestreo y ensayos

Para determinar la calidad y comprobar las propiedades de los hormigones hidráulicos es necesario realizarles una serie de ensayos normalizados. Lo anterior se puede lograr comenzando con la toma de muestras representativas, tanto de los materiales componentes como al propio hormigón, una vez elaborado. Es importante tener en cuenta lo siguiente:

a) Muestreo del hormigón

El muestreo consiste en tomar una parte representativa del hormigón elaborado, para realizar posteriormente los ensayos correspondientes, donde la cantidad de probetas depende de las edades y pueden ser a 3, 7 y 28 días en los laboratorios de materiales y productos para la construcción.

La toma de muestra para la realización de los ensayos de hormigones hidráulicos es muy importante en cualquier tipo de material o producto; pero, en este caso se preparará y tomará directamente tanto en obras, como en prefabricados y en laboratorios, considerando la dosificación calculada y las proporciones resultantes.

Procedimiento para la toma de muestras

La toma de muestra del hormigón tiene un proceso similar a la del ensayo no. 5 de consistencia del hormigón, que aparece en el inciso b) ensayos del hormigón; veamos a continuación:

1. Se colocan las probetas sobre una superficie lisa y no absorbente.
2. Se vierte un tercio de la mezcla de hormigón.
3. Se compacta la capa de hormigón con la varilla, dándole 25 hincadas.
4. Los incisos 2 y 3 se repiten dos veces.
5. Se enrasa la superficie con la varilla.

6. Pasadas 24 horas, se trasladan las probetas para un cubículo húmedo, hasta la fecha de rotura.

b) **Ensayos del hormigón.**

Los ensayos de laboratorio se les realiza a los hormigones hidráulicos, para comprobar sus propiedades y su calidad de acuerdo con los parámetros establecidos en las especificaciones por las normas cubanas, tal como se enumeran a continuación:

1. Mezcla de prueba (mortero normalizado).
2. Resistencia a la flexotracción.
3. Resistencia a compresión.
4. Permeabilidad.
5. Consistencia.
6. Preparación y cuidado de la muestra.

Ensayo no. 1: Mezcla de prueba

Objetivo: elaborar la mezcla de pruebas con probetas cilíndricas de 150 x 300 mm, para realizar los ensayos de resistencias a flexotracción y a compresión del hormigón hidráulico (figura 4.10).

Norma vigente: NC 001/2004

Comentario técnico: según la norma, en este ensayo se deben utilizar los componentes del hormigón diseñado por un método establecido: se emplean los componentes: piedra, arena, cemento y agua, para elaborarlo.

Equipos, medios y utensilios:

- Materiales necesarios
- Hormigonera
- Recipiente
- Cuchara de albañil
- Cronómetro o reloj

Procedimiento:

1. Se vierte en la hormigonera la cantidad dosificada de áridos.
2. Se le añade la mitad del agua y se mezclan.
3. Agregamos la cantidad de cemento a la mezcla de áridos y cemento; se mezclan.
4. Se vierte la otra mitad del agua y se mezcla el tiempo establecido.
5. Se determina la consistencia de la mezcla con el cono de Abrams.



Fig. 4.10 Probeta de hormigón.

Ensayo no. 2: Resistencia a flexotracción

Objetivo: determinar la resistencia a flexotracción del hormigón hidráulico.

Norma cubana: NC 001/2004

Comentario técnico: las probetas que se elaboran de hormigón hidráulico a las edades de 3, 7 y 28 días, serán ensayadas a flexotracción en una máquina (prensa) y se obtendrán los valores correspondientes (figura 4.11).

Equipos, medios y utensilios:

- Probetas de hormigón hidráulico normalizada.
- Máquina para el ensayo de flexotracción (presa).

Procedimiento:

1. Se extraen las probetas para ensayar, del cuarto de curado.
2. Se coloca la probeta acostada en la mesa de la máquina (presa).
3. Se aplica la carga uniforme hasta la rotura y se anota.

Cálculo:

Se determina la resistencia a flexotracción.

$$R_{ft} = \frac{F}{d \cdot I}$$

Carga de rotura	Resistencia a flexotracción	Especificaciones

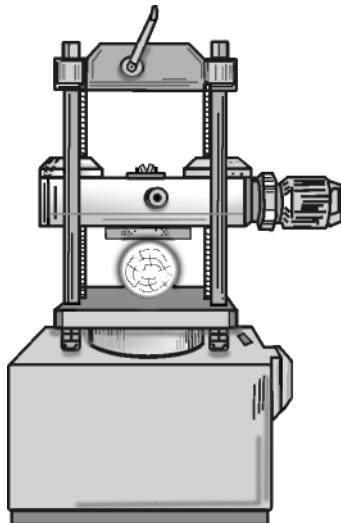


Fig. 4.11 Maquina para determinar la resistencia del hormigón a la flexotracción.

Ensayo no. 3: Resistencia a compresión

Objetivo: determinar la resistencia a compresión del hormigón hidráulico.

Norma vigente: NC 001/2004

Comentario técnico: la resistencia a la compresión del hormigón hidráulico es de gran importancia, ya que este se encuentra diseñado para resistir solicitudes (cargas), y obtener el 100 % a los 28 días (figura 4.12).

Equipos, medios y utensilios:

- Probetas de hormigón hidráulico normalizado (150 x 300 mm)
- Máquina (prensa) para el ensayo

Procedimiento:

1. Se coloca la probeta entre los platos de la máquina.
2. Se comienza a aplicar la carga entre 10 y 20 kg/cm².
3. Al romperse la probeta, se anota los kg/cm² aplicados.

Cálculo:

Se determina la resistencia a compresión del hormigón hidráulico.

$$R_c = \frac{P = [\text{carga aplicada en kg}]}{S = [\text{área de la sección}]}$$

Resultados obtenidos:

Carga (P) en kg	Resistencia a compresión	Especificaciones

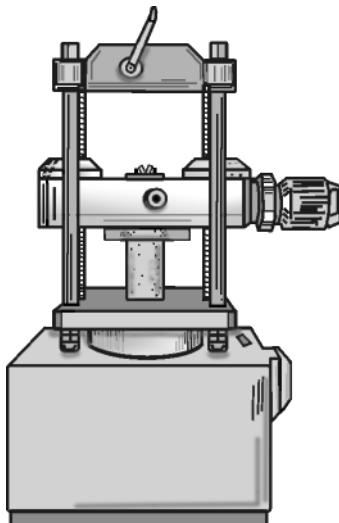


Fig. 4.12 Máquina para determinar la resistencia del hormigón a la compresión.

Ensayo no. 4: Permeabilidad

Objetivo: determinar la cantidad de agua que penetra en el hormigón hidráulico endurecido durante 30 min.

Norma vigente: NC 54/110

Comentario técnico: la permeabilidad tiene gran importancia en los hormigones hidráulicos endurecidos, ya que al penetrar los líquidos por sus poros, se dilatan haciendo menos resistencia.

Ensayo no. 5: Consistencia del hormigón hidráulico

Objetivo: determinar la consistencia del hormigón hidráulico utilizando el cono de Abrams.

Norma vigente: NC 001/2004

Comentario técnico: la consistencia es una propiedad del hormigón en estado fresco; es una de las más importante y determina la mayor o menor cantidad de agua que se le añade.

Equipos, medios y utensilios:

- Bandeja con la mezcla e ensayar
- Molde tronco cónico (cono de Abrams)
- Cuchara de albañil
- Varilla de compactación
- Regla graduada

Procedimiento:

1. Se coloca el cono de Abrams sobre una superficie lisa y no absorbente, previamente humedecidos ambos; sujetado por los pies.
2. Se vierte un tercio de la mezcla de hormigón.
3. Se compacta la capa de hormigón con la varilla, dándole 25 hincadas.
4. Los incisos 2 y 3 se repiten dos veces.
5. Se enrasta la superficie con la varilla (figura 4.13).
6. Se levanta el cono con cuidado en dirección vertical.
7. Se mide el asentamiento con la regla graduada, y se determina la diferencia entre la altura del molde y la superficie del hormigón desplazado (figura 4.14).



Fig. 4.13 Enrase de la superficie del cono de Abrams.

Cálculo:

Se determina la consistencia del hormigón hidráulico.

Resultados obtenidos:

Asentamiento	Especificaciones		Consistencia
	Consistencia	Parámetro	
	Seca	0 cm-4 cm	
	Plástica	5 cm-8 cm	
	Blanda	9 cm-12 cm	
	Fluida	13 cm-16 cm	
	Muy fluida	17 cm-20 cm	

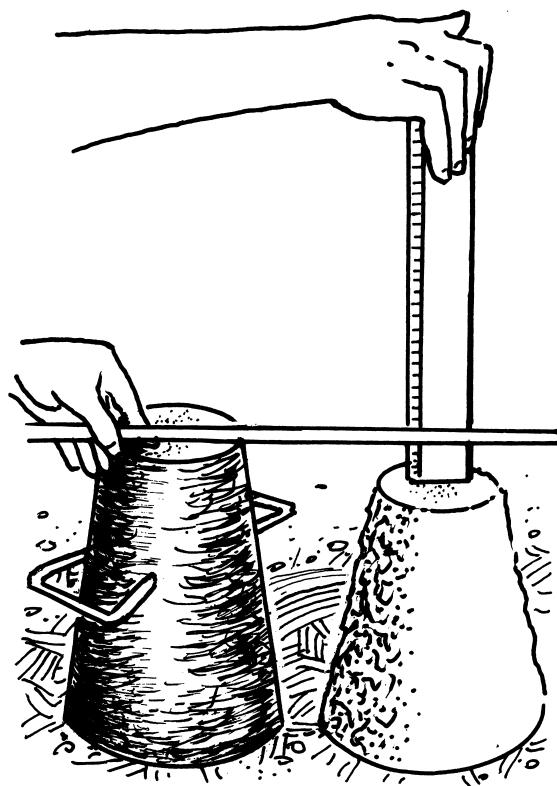


Fig. 4.14 Medida del asentamiento con la regla.

4.3.3 Propiedades del hormigón hidráulico

Las construcciones siempre van a estar sometidas a la acción de agentes externos, que con el tiempo pueden provocar deformaciones en los materiales y productos integrantes de las obras; componentes como las arenas y el cemento pierden cualidades y se afectan las propiedades de los hormigones.

Uno de los conglomerados más empleados en la construcción es sin dudas el hormigón hidráulico, porque está presente en cualquier tipo de obra por sus múltiples usos; pero, deberá cumplir con una serie de propiedades en estado fresco y endurecido, las cuales se podrán comprobar con los ensayos de laboratorio.

Propiedades del hormigón hidráulico en estado fresco

Las propiedades son las siguientes:

a) Laborabilidad

La mezcla de hormigón se deja transportar, colocar y compactar en los moldes, con la mínima pérdida de homogeneidad, y sin producirse segregaciones.

Una mezcla pobre en cemento es menos laborable que una que contenga el cemento adecuado. Se puede mejorar la laborabilidad con la incorporación de plastificantes, que no afectan la resistencia y hacen más dócil el hormigón.

b) Consistencia

Indica la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón de deformarse, al colocarse en un molde y ser retirado de él.

Es la propiedad más importante del hormigón en estado fresco y puede variar por diferentes factores como son:

- Cantidad de agua de amasado
- Granulometría de los áridos
- Forma de los áridos (esféricos, planos, etcétera)
- Tamaño máximo de los áridos

La consistencia se puede medir mediante el ensayo del cono de Abrams; que es uno de los métodos más empleados para determinar la consistencia del hormigón.

Existen otros métodos para medir la consistencia como son: la mesa de sacudidas, el docilímetro y el consistómetro de Vebe.

c) Disgregación

El hormigón indica la separación de sus componentes una vez amasados y la mezcla deja de ser uniforme en la distribución de sus partículas. Esto dificulta la colocación y la compactación de la mezcla; los elementos resultan defectuosos y con poros, lo que se puede si se toman las precauciones siguientes:

- Emplear áridos de granulometría adecuada.
- Dosificar y mantener las proporciones correctas entre los áridos gruesos y finos.

- Dosificar el agua convenientemente.
- Realizar correctamente los procesos de transportación, colocación y compactación del hormigón.
- Evitar la caída a gran altura del hormigón.
- Vibrar correctamente el hormigón (ni por defecto, ni por exceso).

d) Peso unitario

Indica el peso por unidad de volumen (1 m^3), o sea la composición de cada uno de los materiales empleados para la fabricación de un metro cúbico de hormigón.

Ejemplo:

Cemento(c) 400 kg

Agua(a) 200 kg

Arena (f) 600 kg

Piedra (g) 1 200 kg

Peso total (Pt) 2 400 kg

e) Exudación

Propiedad del hormigón fresco que nos indica la cantidad de agua de mezclado que pierde él durante el fraguado, esto ocurre después de ser colocado en los encofrados o moldes, y se produce el asentamiento de las partículas sólidas, hasta llegar a formar una capa de agua sobre la superficie. Se puede observar la exudación, ya que provoca la formación de canales en la masa de hormigón y llega a aumentar su permeabilidad.

f) Contenido de aire

Propiedad del hormigón fresco que indica la cantidad de aire que queda atrapada en la mezcla. Un hormigón con gran contenido de aire puede convertirse en poroso; lo que influye, posteriormente, en las propiedades en estado endurecido, sobre todo cuando no se emplea un método adecuado de compactación.

Propiedades del hormigón hidráulico en estado endurecido

a) Resistencia mecánica

Propiedad que tiene el hormigón hidráulico endurecido de oponerse a los diferentes esfuerzos mecánicos a los cuales es sometido.

Esfuerzos mecánicos:

- Resistencia a la compresión: propiedad del hormigón que se toma como determinante para su calidad; es el esfuerzo más importante al cual está sometido, ya que su función principal es la de resistir cargas.

- Resistencia a la tracción: esfuerzo que actúa sobre el hormigón armado, porque el acero toma los esfuerzos de tracción; el hormigón resiste muy poco los esfuerzos de tracción.
- Resistencia a la flexión: esfuerzo un tanto despreciable; en la práctica el hormigón no trabaja solo a flexión.

b) Permeabilidad

Propiedad que tiene el hormigón endurecido de dejarse atravesar por el agua, el aire, el vapor de agua etc.; a través de los poros, canales y fisuras que hallan quedado.

c) Durabilidad

Propiedad por la cual los hormigones mantienen su carácter resistente a través del tiempo, frente a las acciones físicas y químicas. Es determinante también, la calidad de los materiales componentes, el tipo de dosificación, la fabricación y su mantenimiento. La durabilidad puede estar afectada por diferentes agentes agresivos, tales como:

- Acciones químicas (corrosión del acero, ataques de sulfatos)
- Acciones físicas (exposición a temperaturas extremas)
- Acciones mecánicas (cargas, sobrecargas, impactos, vibraciones)
- Acciones biológicas (microrganismos, bacterias)

c) Resistencia a la abrasión

Propiedad que tiene el hormigón de resistir durante años las acciones del medioambiente; con el tiempo los componentes del mismo van perdiendo adherencia, durabilidad y resistencia por la acción de la humedad, el calor, etc., hasta llegar a deteriorarse.

d) Constancia de volumen

Propiedad que tiene el hormigón de mantener lo más estable posible su volumen; trata así de evitar la retracción (disminución del volumen por pérdidas de agua) y el entumecimiento (aumento de volumen por absorción del agua).

e) Adherencia

Propiedad que tiene el hormigón de unir sus propios componentes, así como al acero y logra que trabaje el elemento como un todo.

4.3.4 Aditivos para mejorar sus propiedades

Los aditivos son productos químicos que se incorporan al hormigón con el objetivo de mejorar o cambiar sus propiedades: además, lograr una

mayor regularidad de ejecución y calidad de las mezclas, tanto para hormigones como, para morteros hidráulicos.

Características

Las características más comunes que presentan los aditivos para mejorar las propiedades de los hormigones y morteros hidráulicos, entre otras, son:

- Productos muy específicos, según la función que deban cumplir en morteros y hormigones
- Se emplean en muchos países en más de 80 % del total de hormigón producido
- Permiten mejorar técnicas constructivas especiales en hormigones proyectados con máquinas o bajo agua
- Cuando se dosifique el hormigón, se considerará convenientemente la dosis de aditivo que se empleará
- Se fabrican en diferentes y diversas formas, con nomenclaturas variadas

Clasificación

Los aditivos para su estudio, se clasifican de acuerdo con el efecto que produzcan en morteros y hormigones hidráulicos. Se exponen a continuación:

- Aceleradores de fraguado
- Retardadores de fraguado
- Impermeabilizantes
- Fluidificantes o plastificantes
- Aireantes o inclusores de aire

Propiedades

Las propiedades de los aditivos dependen de los documento de idoneidad técnica (DITEC) que indican cómo deben aplicarse, por lo que es necesario seguir las instrucciones que aparecen en el capítulo 6 de este libro; se exponen algunas de ellas a continuación:

- Se pueden presentar en forma líquida, plástica o en polvo
- Son solubles en agua, salvo algunas excepciones
- Pueden ser de origen mineral
- Mejoran las propiedades de morteros y hormigones hidráulicos, tanto en estado fresco como endurecido

Protección

Para darle una mejor protección a los aditivos, se aplicarán para cada caso las medidas de protección siguientes:

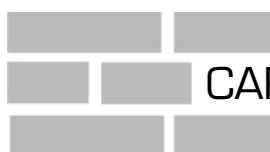
- a) Deberán emplearse de acuerdo con las normas y especificaciones del producto.
- b) Debe evaluarse su empleo según el tipo de obra.
- c) Se considerará el tipo de cemento que se vaya a utilizar.
- d) Según el tipo de aditivo se determinará el porcentaje que se utilizará en la mezcla.
- e) Emplear guantes para su manipulación.

En el caso del almacenamiento de los aditivos para el mejoramiento de las propiedades del hormigón hidráulico, se tendrán en cuenta también las medidas de protección que siguen:

- Se almacenarán en lugares frescos y secos
- Deben colocarse bajo techo
- Los envases deben ser originales y herméticos
- Los envases deben ser debidamente rotulados e identificados
- Se separarán por tipo

Usos

El uso de los aditivos en la construcción es múltiple, según sea la necesidad de su empleo, de acuerdo con su clasificación y considerando las funciones principales que ellos desempeñan; además de sus propiedades, que los hacen diferentes unos de otros.



CAPÍTULO 5

Acero de refuerzo para el hormigón armado

5.1 Hormigón hidráulico

Breve reseña histórica

El hormigón es un producto de la construcción que desde su descubrimiento y aplicación ha estado presente en las diversas obras que han sido erigidas a través de los años. Su uso data de la antigüedad y se evidencia en las ruinas de grandes obras construidas halladas durante la incesante búsqueda de la historia del hombre.

Antiquísimas construcciones cobraron esencia gracias a la existencia de un producto de aquellos tiempos, muy semejante al actual hormigón, elaborado a partir de: cales grasas, puzolanas hidráulicas y otras; utilizadas como material aglomerante, en conjunto con otros productos que intervienen en la obtención final de la mezcla de hormigón.

Con el paso de los años, estas cales antes mencionadas, sufrieron importantes cambios suscitados por el afán de contar con un producto capaz de proporcionar a los elementos que con él se construían; una dureza lo más parecida posible a la de las rocas. Esta aspiración dio lugar a investigaciones para tratar de que, con los posibles cambios producidos, dichos aglomerantes mantuviesen sus propiedades de unificar las partículas de los materiales piedras y arenas que forman parte del hormigón hidráulico, así como llenar los espacios vacíos que suelen quedar entre ellos.

Este nuevo hormigón hidráulico tuvo un amplio uso desde finales del siglo XIX, época en que se puso nuevamente en boga, en virtud de las beneficiosas propiedades y características que manifiesta y que tan aprovechadas resultan ser en casi todo género constructivo.

En la actualidad, con más de cien años de existencia, el hormigón hidráulico sigue siendo empleado por la industria de la construcción y con gran incidencia en sus obras; ha demostrado ser un producto de

vital importancia en el desarrollo del país, que no se conciben sin su uso.

Características y propiedades

Como todos los demás materiales y productos de la construcción, el hormigón hidráulico posee diversas características y propiedades que lo distinguen, que, a su vez, son las que acentúan su utilización en la ejecución de obras, haciéndolo cada vez más imprescindible: su gran dureza pétreo y su capacidad de adaptarse a los más variados moldes, como características por solo citar dos, así como sus propiedades de adherencia, permeabilidad, resistencia al fuego, la abrasión (desgaste) y resistencia mecánica, que, desde luego, no son las únicas.

Se afirma que el hormigón es un producto que ofrece a las obras donde se emplea, gran longevidad, que permite presenciar y admirar hoy, antiguas edificaciones que embellecen nuestras ciudades y forman parte del patrimonio de la humanidad.

A continuación, las características y propiedades del hormigón hidráulico.

Características:

- Piedra artificial
- Moldeable en estado fresco
- Resistencia de grandes cargas
- Resistencia a la compresión
- Coloración gris

Propiedades:

- Retracción
- Fluencia
- Exudación
- Resistencia mecánica
- Permeabilidad
- Resistencia a la abrasión
- Entumecimiento
- Consistencia
- Contenido de aire
- Absorción
- Resistencia al fuego
- Durabilidad

Se puede decir que las características del hormigón hidráulico, las podemos apreciar mediante los órganos sensoriales (la vista, el tacto, etc.)

y que las propiedades se determinan a través de los ensayos de laboratorio, que se le practican al propio hormigón según las normas técnicas establecidas por el Ministerio de la Construcción.

5.1.1 Resistencia mecánica

I. Esfuerzos de compresión

Entre las propiedades que posee el hormigón hidráulico está la resistencia mecánica, en este sentido podemos citar que el comportamiento que evidencian los elementos concebidos a partir de este producto, poseen una elevada resistencia a los **esfuerzos de compresión** (figura 5.1).

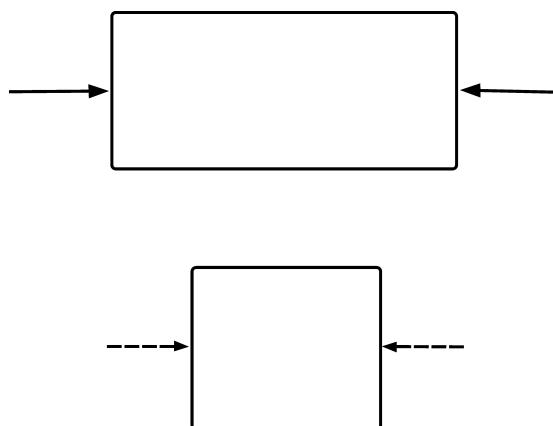


Fig. 5.1 Esfuerzo de compresión.

El término anterior es el que define la acción de oponerse a las fuerzas que actúan sobre los elementos y tienden a comprimirlos, debido a las cargas o peso que deben soportar en el cumplimiento de su función estructural, que puede ser aproximadamente hasta 50 MPa.

II. Esfuerzos de tracción

No todo con relación a la resistencia mecánica del hormigón es óptimo; sucede, que su capacidad resistente con relación a los esfuerzos de tracción es insuficiente y esto se ha podido comprobar mediante ensayos realizados y análisis de casos reales, de los que se concluye, que por sí solo el hormigón no es capaz de resistir adecuadamente los esfuerzos de tracción que con respecto a los de compresión se estima que es de aproximadamente 20 % (figura 5.2).

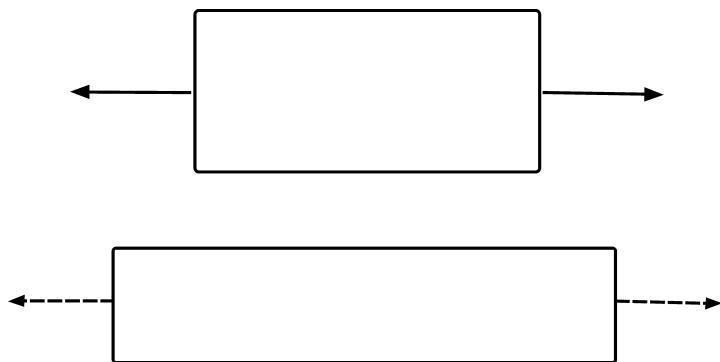


Fig. 5.2 Esfuerzo de tracción.

Reforzamiento del hormigón hidráulico

Teniendo en cuenta esta insatisfactoria resistencia del hormigón hidráulico a las tracciones, que en muchos casos limita su aplicación a determinados procesos constructivos, se impuso darle solución al reforzarlo con un material que fuese capaz de absorber, tanto los esfuerzos de tracción como de flexión y así compensar la baja resistencia que lo caracteriza. De ahí, resultó ser el acero fiel aliado del hormigón, y dio origen a un nuevo producto denominado **hormigón armado**. Este nuevo material constructivo, surgido de la combinación o integración del hormigón simple (árido grueso + árido fino + aglomerante + agua) y barras de acero de refuerzo dispuestas en forma de armaduras que constituyen un solo producto.

Desde el punto de vista mecánico en que pueden ser aprovechadas las características resistentes que aporta cada material en esta favorable unión, evidencia propiedades no muy diferentes a las del hormigón hidráulico.

Precisamente, dadas las características resistentes, tanto del acero como del hormigón, que conforman el hormigón armado, la resistencia mecánica que manifiesta este último es significativamente superior. El hormigón armado cuenta dentro de sus propiedades con la capacidad de resistir todo tipo de esfuerzo, disponiendo adecuadamente el refuerzo y en forma tal, que este absorba los esfuerzos de tracción.

5.2 El acero

Breve reseña histórica

A través de la historia, los metales han desempeñado un papel importante, en el desarrollo de las diferentes esferas que el hombre ha logrado llevar a la avanzada, entre ellas: la defensa, la agricultura, la construcción

y otras no menos importantes; pero, sin dudas, en esta última, los aportes y la aplicación de los metales son decisivos y reveladores.

El acero es un producto ferroso (derivado del hierro), que está compuesto químicamente por dos elementos fundamentales: el hierro y el carbono; este último en un rango de 0,25 a 1,7 %, que en casos especiales puede llegar hasta 2 %.

Se afirma que el material en cuestión es una aleación de hierro con carbono que se obtiene mediante el procesamiento del mineral de hierro y la adición de otros compuestos; en dependencia de las características físicas y mecánicas que se le desea imprimir al producto final, por lo que la obtención del acero no es posible realizarla por medio de la extracción directa de minerales. Por tanto, el acero fue desde los primeros años de su descubrimiento y utilización, un importante metal que facilitó el trabajo del hombre durante su desarrollo; se destaca su uso paulatinamente en diferentes esferas de la economía, hasta llegar a la construcción.

El acero en la construcción

El uso del acero en la confección de herramientas, armas, piezas y otros utensilios es cada vez mayor con el tiempo, hasta llegar a emplearse como material de la construcción a finales del siglo xix. Varias fueron las edificaciones y estructuras, que con el empleo de este material, se erigieron desde los primeros años de su aplicación.

Se construyeron puentes, que en su completa estructura estaban constituidos por acero y otras obras, como la sorprendente Torre Eiffel, maravilloso diseño arquitectónico del siglo xix, construida en París en 1889, que ha desafiado el tiempo hasta nuestros días.

Al principio, el acero comenzó a utilizarse como material de la construcción al edificar obras, que en su totalidad estaban compuestas por este metal, sin combinarlo con otros productos, excepto aquellos que ayudaran a su conservación; pero el hombre no se limitó a emplear el acero como un material aislado, sino que lo combinó con el hormigón hidráulico y mejoró sus propiedades para la ejecución de obras civiles, viales e hidráulicas; se origina así el hormigón armado.

Es mediante las barras de acero de refuerzo que se logra elaborar el hormigón armado, que se obtiene por un proceso tecnológico industrial.

5.2.1 Barras de acero de refuerzo para el hormigón armado. Obtención

Las propiedades que desde los primeros años de surgido manifestaba el hormigón armado, eran considerablemente ventajosas, aun cuando su

uso como producto de la construcción no estaba totalmente acreditado a nivel mundial, por el desconocimiento de su existencia; hecho que no demoró en hacerse eco en todos los continentes.

Esta aleación del hierro con el carbón permite contar con la dureza y la resistencia, principalmente a los esfuerzos de tracción y compresión, entre otras propiedades; razón esencial por la que se le designa como material para reforzar al hormigón hidráulico.

Inicialmente el acero insertado dentro de la masa de hormigón, eran los perfiles laminados de acero, que luego fueron sustituidos por las actuales barras de refuerzo, constituidas igualmente por este metal y vinieron a resolver, en alguna medida, la sobrecarga que debían asumir los elementos de hormigón armado con el empleo de los perfiles.

Las barras de acero, como su nombre lo indica, constituyen el refuerzo que mejoran considerablemente la resistencia mecánica del hormigón hidráulico; su función principal es resistir los esfuerzos de tracción, que por sí solo el hormigón hidráulico no es capaz de asumir; además de ayudar a este último a soportar los esfuerzos de compresión en determinados elementos, que así lo requieren al comprobarse por medio de diferentes ensayos, que las barras de acero resisten ambos esfuerzos.

Dar cuerpo a los elementos de hormigón armado es otra de las funciones con las que cumplen las barras de acero de refuerzo mediante las armazones constituidas por ellas, dan lugar a los más variados diseños arquitectónicos que puedan desarrollarse con el uso de este material (figura 5.3).

Obtención de las barras de acero

La obtención de las barras de acero tiene lugar a través de un maravilloso y sorprendente proceso de producción, que solo puede ser apreciado en toda su magnitud, en el propio sitio donde se desarrolla esta labor.

Como se ha comentado anteriormente, el acero es una aleación de hierro y carbono, en la que es necesario procesar el mineral de hierro combinándolo industrialmente con otros componentes, que requieren ser adicionados para darle las características que se deseé al producto que se elabora, en este caso las barras de acero. El mineral extraído de los yacimientos y la chatarra ferrosa son las dos fuentes empleadas indistintamente, como materia prima, en el proceso de producción de las barras de acero.

En cuanto a la chatarra ferrosa, es importante señalar que es la principal fuente de abasto de la materia prima utilizada en nuestro país, para llevar a cabo el proceso antes mencionado; pese a la existencia de varios

yacimientos que pudieran ser explotadas con este fin, como los que se encuentran ubicados en la Sierra Maestra, la Sierra de Nipe y el Escambray.

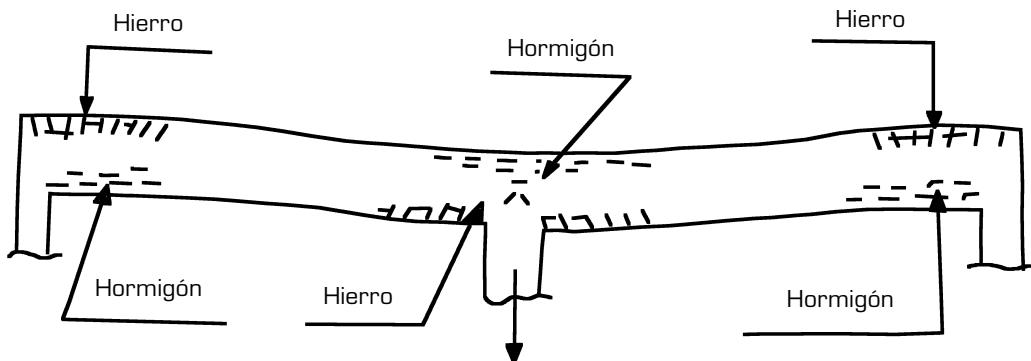


Fig. 5.3 Losa de cubierta de hormigón armado afectada.

Método de procesamiento de la materia prima

Para procesar la materia prima, independientemente de su procedencia, es posible utilizar varios métodos, entre los que se pueden mencionar:

- Horno de hogar abierto
- Convertidor Bessemer
- Horno Martín Siemens
- Horno eléctrico (figura 5.4)

Tanto para procesar la chatarra como a los minerales extraídos de los yacimientos, el método de procesamiento puede ser el mismo; pero el más utilizado en la actualidad es el que se apoya en el procesamiento de la materia prima mediante los hornos eléctricos, pues a través de ellos ha sido posible aumentar la calidad del producto y mejorar su resistencia mecánica; ellos son la tecnología más avanzada en nuestro país.

Para procesar la materia prima, cualquiera que sea su procedencia e independiente al método que se emplee es necesario seguir estrictamente una serie de pasos como son:

1. Preseleccionar la carga: seleccionar la chatarra para utilizar en este proceso, que debe tener la menor cantidad de compuestos dañinos, que puedan afectar la fundición contaminándola.

2. Introducir la carga en el horno: se deposita en el horno la materia prima ya preseleccionada, para dar inicio al proceso de fundición, al accionar los electrodos.
3. Realizar las adiciones: una vez iniciada la fusión de la materia prima se realiza una primera adición de: grafito, hierro puro y carbono, para ayudar a la combustión.
4. Desescoriado: la escoria es toda aquella impureza que contiene el baño o metal líquido, que debido a su propio peso tiene la propiedad de ascender a la superficie durante el proceso de fundición y queda la porción más densa por debajo, lo que permite eliminar, al menos, una parte de las impurezas.
5. Vertido del baño: se lleva a cabo una vez que el metal líquido ha alcanzado una temperatura de 1 640 °C, que es cuando se obtiene el subproducto.
6. Afino: esta operación es efectuada en un pequeño horno independiente al que se utiliza para dar inicio a la primera fase del procesamiento de la materia prima, que recibe el nombre de horno cuchara.
7. Vaciado continuo: una vez terminado el proceso de afino se izá y se trasladará a la cazuela, para realizar el vaciado continuo y obtener el metal en forma de palanquilla (figura 5.5).

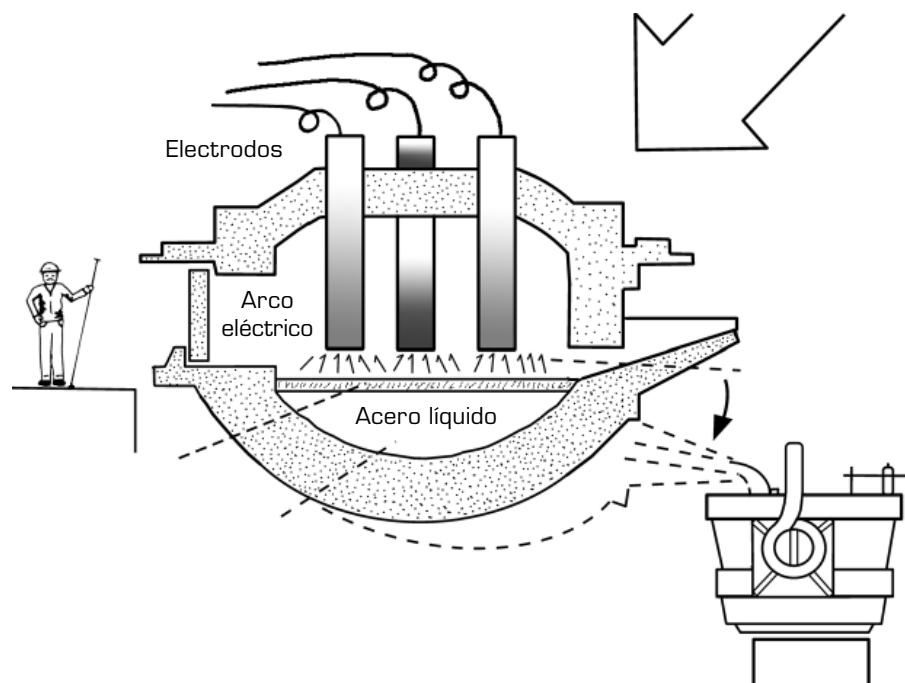


Fig. 5.4 Horno eléctrico.

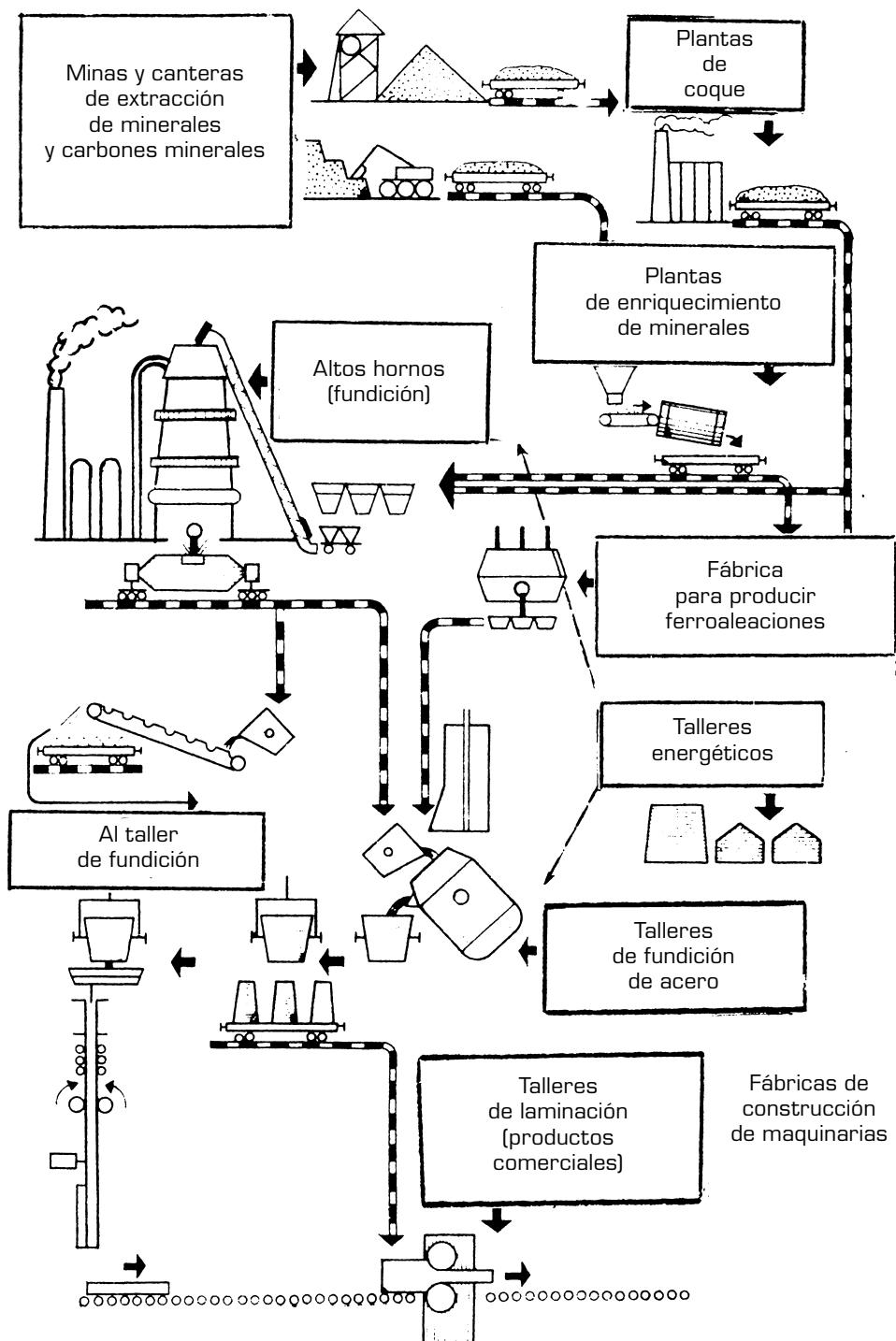


Fig. 5.5 Flujo de producción para la obtención del acero.

5.2.2 Composición química y características de las barras

Tanto la chatarra ferrosa, como los minerales que se extraen de la naturaleza tienen en su estructura diversos compuestos, que pese al proceso a que son sometidos para obtener las barras de refuerzo, resultan difíciles de eliminar; y quedan contenidos en el producto final. Entre los componentes que forman parte de la aleación del metal (acero) se nombran fundamentalmente: el fósforo (P), el silicio (Si), el azufre (S) y el manganeso (Mn), entre otros.

El contenido admisible en valor porcentual de estos componentes, dentro de la estructura de las barras de acero, ha sido normado para garantizar que el producto posea la calidad requerida para ser utilizado como material de refuerzo del hormigón armado; por lo que es necesario su estricto cumplimiento. Valores que deben ser respetados en el proceso de producción de las barras:

- El azufre (S) es una sustancia dañina cuando excede en más de 0,05 % dentro de la estructura del acero, ya que su marcada presencia proporciona fragilidad en caliente al producto.
- El silicio (Si) con un porcentaje contenido dentro del acero, comprendido entre 0,17 % y 0,37 %, es un compuesto útil en la aleación; su presencia actúa como elemento oxidante; se disuelve con la ferrita y aumenta la resistencia de los aceros de bajo carbono. Su elevada presencia da una indeseada plasticidad en las barras.
- El manganeso (Mn) siempre que no sobrepase los límites normados en su contenido entre 0,25 % y 1 % es muy útil, pues al disolverse en la ferrita endurece al acero, eleva propiedades mecánicas, disminuye el efecto perjudicial del azufre y aumenta la capacidad de recocido de semiproductos, como la palanquilla.
- El fósforo (P) es el componente, que dentro de la estructura de las barras de refuerzo del hormigón armado, tiende a segregarse y reducir la plasticidad, elevando la dureza y aumentando la resistencia de los aceros de bajo carbono, como el de las barras de refuerzo.

Características

Las barras de acero constituyen el refuerzo, que mejora considerablemente la resistencia mecánica del hormigón hidráulico; posee una gran resistencia mecánica, así como la dureza física como elemento del metal.

Su función principal es resistir los esfuerzos de tracción, que el hormigón no puede soportar adecuadamente; también en determinados elementos puede asumir esfuerzos de compresión.

A partir de la forma externa de las barras, para poder hacer mejor y más racional su uso debemos decir, que estas tienen determinadas características físicas y mecánicas que son posibles de apreciar a simple vista como:

I. Características físicas

Las barras de refuerzo se fabricarán atendiendo a sus superficies de dos formas: lisas y corrugadas de sección circular.

- Barras lisas.

Como su nombre lo indica las barras son totalmente lisas, y su diámetro depende del uso que se les den (figura 5.6).

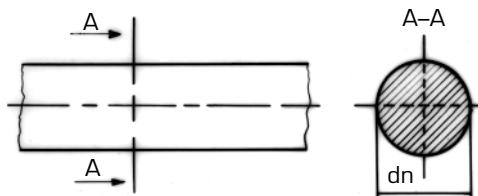


Fig. 5.6 Barra lisa de acero.

Para establecer el uso de las barras en la confección de diferentes elementos estructurales, en correspondencia con las dimensiones y cargas que deberán soportar se han puesto a disposición una amplia variedad de diámetros, tanto para las barras lisas como las corrugadas que aparecen recogidos en el cuadro siguiente:

Dimensiones y masas nominales de las barras lisas y corrugadas				
Designación de la barra	Diámetro nominal (mm)		Área nominal de la sección circular (mm ²)	Densidad lineal (kg/m)
	Valor nominal mm/"	Desviación límite		
10 (3)	9,5 $\frac{3}{8}$	+ 0,4 - 0,6	71	0,560
13 (4)	12,7 $\frac{1}{2}$		129	0,994
16 (5)	15,9 $\frac{5}{8}$		199	1,552
19 (6)	19,1 $\frac{3}{4}$		284	2,235
22 (7)	22,2 $\frac{7}{8}$		387	3,042

25 (8)	25,4 (1")	+ 0,4 - 0,6	510	3,973
32 (10)	32,3 (1 $\frac{1}{4}$)		819	6,404
36 (11)	35,8 (1 $\frac{3}{8}$)		1006	7,907

- **Barras corrugadas:**

Atendiendo a la clasificación de las barras de acero de refuerzo, con respecto a su superficie, son las que se identifican por presentar salientes dispuestos en dos direcciones, denominados nervios y corrugas. Las corrugas pueden ser helicoidales y rectas, y los nervios en cambio son salientes continuos y uniformes paralelos a la longitud de la barra.

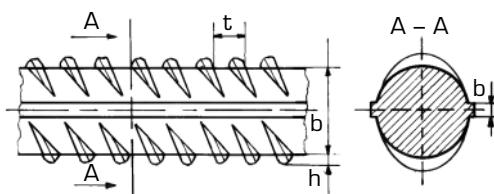


Fig. 5.7 Barra corrugada de acero.

Tanto los nervios como las corrugas tienen la función de proporcionar una adecuada adherencia mecánica entre el hormigón hidráulico y las barras de refuerzo embebidas en él y para ello deben cumplir con las dimensiones que aparecen en el cuadro siguiente:

Dimensiones de las barras corrugadas				
no. designación de la barra	d en mm	h en mm	t en mm	b en mm
3	9,5	0,4	6,7	1,8
4	12,7	0,5	8,9	2,5
5	15,9	0,7	11,1	3,0
6	19,0	1,0	13,3	3,6
8	25,4	1,3	17,8	4,9
10	32,3	1,6	22,6	6,2
11	35,8	1,8	25,1	6,9

Leyenda:

- Diámetro nominal: (d en mm)
- Altura de la corruga: (h en mm)
- Distancia entre corrugas: (t en mm)

- Ancho de la corruga (b en mm):

Al igual que las barras lisas, las corrugadas se fabrican con diferentes dimensiones en cuanto al diámetro y longitud; las que se pueden encontrar en un rango comprendido entre 6 y 12 m (en caso de pedidos especiales se aumenta la longitud). Lo anterior se observa en el cuadro siguiente:

Longitud de las barras de acero de refuerzo lisas y corrugadas		
Tipo de barra	Longitud	
	Metros (m)	Pies (')
Lisa y corrugada	6,0	20
	7,5	25
	9,0	30
	12,0	40
Lisa y corrugada (especiales)	15,0	50
	18,0	60

II. Características mecánicas

Conocemos que el hormigón hidráulico por su relativa baja resistencia a los esfuerzos de tracción debe ser reforzado con barras de acero, dispuestas en forma de armaduras, que sean capaces de absorber los esfuerzos dadas sus propiedades.

Las características mecánicas de las barras se establecen en su función tres grados: G-34, G-40 y G-60, según plantean las especificaciones de las NC/2002, que aparecen en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Características mecánicas de las barras de acero de refuerzo

Grado de calidad	Tensión límite fluencia		Resistencia a tracción		Elongación %
	MPa en kgf/mm ²				
G-34	235	(24)	343	(34)	12
G-40	276	(28)	413	(40)	9
G-60	413	(42)	621	(60)	9

La numeración que acompaña el grado de calidad del acero se refiere a la resistencia de las barras a los esfuerzos de tracción, sin que ello influya en su diámetro o longitud.

G-34: significa que posee 34 kg/mm² de resistencia mecánica a los esfuerzos de tracción.

5.2.3 Clasificación, propiedades y protección de las barras

I. Clasificación

Se clasificarán las barras de acero de refuerzo para el hormigón armado en tres grupos: según la superficie, su función estructural y el grado de calidad:

a) Según su superficie:

- Barras lisas: en su superficie no presentan salientes o rugosidades apreciables.
- Barras corrugadas: presentan salientes en toda su superficie, estos salientes reciben el nombre de nervios y corrugas, los que permiten que se logre una buena adherencia entre las barras de acero y el hormigón.

b) Según su función estructural:

Durante la conformación de las armaduras en la confección de un elemento estructural, las barras de acero se disponen en diferentes posiciones, de acuerdo con la función que cada una de ellas va a realizar, ya sea resistir los esfuerzos a que va a estar sometido o dar cuerpo a ellos.

Considerando lo anterior se ha designado la colocación de barras de refuerzo, de acuerdo con los esfuerzos que deberán asumir como material componente del hormigón armado a los aceros siguientes:

- Acero positivo: se coloca en la parte inferior de las secciones de elementos horizontales y su función es tomar los esfuerzos a la tracción que se producen en esta zona.
- Acero negativo: se coloca en la parte superior de un elemento horizontal, por donde se producen los esfuerzos de tracción, como en voladizos de vigas y losa, sobre los apoyos de vigas continuas y en empotramientos.
- Acero a compresión: es el que trabaja a esfuerzos de compresión; es el caso de las barras verticales que conforman las armaduras de las columnas y se colocan en elementos horizontales como las vigas y losas de gran altura. En este caso ayuda al hormigón a tomar los esfuerzos de compresión.
- Acero de temperatura: es el que se coloca de manera opuesta al acero de refuerzo positivo o negativo, toma los esfuerzos producidos en la masa de hormigón provocados por los cambios de temperatura y las retracciones durante el fraguado; se le llama también, acero de construcción.

c) Según el grado de calidad:

- G-34 (barras lisas)
- G-40 (barras corrugadas)
- G-60 (barras corrugadas)

Al clasificar las barras de refuerzo por grado de calidad se tiene en cuenta el máximo valor de resistencia a la rotura que tienen las mismas, cuando son sometidas a esfuerzo de tracción aplicándole una carga determinada.

Los valores 34, 40 y 60 es la resistencia máxima del acero a la tracción, reflejados en la NC 7/2002, como 34 kg/mm^2 , 40 kg/mm^2 y 60 kg/mm^2 (todos valores máximos de resistencia a la rotura).

II. Propiedades

Dentro de las propiedades que tienen las barras de refuerzo podemos considerar como las más importantes, las de carácter físico-química y las de carácter mecánico.

a) Propiedades físico-químicas: las más importantes en el uso de este material como refuerzo en el hormigón armado:

- Maleabilidad: propiedad de poder modificar su forma a una temperatura ordinaria.
- Ductibilidad: es la capacidad de poder alargarse en la dirección de su longitud, con la posibilidad de variar su forma.
- Doblado en frío: facilidad de doblarse una vez que ha sido elaborada.
- Oxidación: se manifiesta al entrar en contacto con el oxígeno presente en el medio, con el aire y al reaccionar con el agua.
- Tenacidad: resistencia a la rotura por esfuerzo de tracción, que poseen los metales por la cohesión de las moléculas que lo integran.
- Facilidad de corte: permite poderse someter a la separación en pedazos con herramientas cortantes.
- Soldabilidad: capacidad de poderse unir con otro metal hasta formar un sólido único.

b) Propiedades mecánicas: las que definen la aceptación de su aplicación en la elaboración de elementos estructurales de hormigón armado; se aprovechan sus características de resistencia mecánica a los esfuerzos de tracción; son las siguientes:

- Límite elástico: máxima tensión que puede soportar el material, sin que se produzcan deformaciones plásticas o remanentes.
- Límite de rotura: máxima resistencia de los aceros a los esfuerzos aplicados; debe ser mayor que el límite elástico, para garantizar

seguridad en las tensiones que pueden producir un fallo total por rotura. La tensión de rotura ha de ser como mínimo, superior en 25 % a la tensión del límite elástico en las barras.

- Alargamiento o deformación unitaria: característica de la ductibilidad de los aceros, que permite su deformación sin llegar a la rotura.
- Módulo de elasticidad: está representado como un valor constante, no depende del método de fabricación ni de la resistencia.
- Dilatación térmica: muy similar a la del hormigón en estado endurecido; esto permite tener en cuenta que este efecto de dilatación se produce de forma equitativa, pues de no ser así, surgirían grietas en el elemento.

III. Protección

Las medidas de protección en las barras de acero, permiten que no pierdan sus propiedades de resistencia. Relacionaremos las más importantes:

- Deberán almacenarse en lugares protegidos lo más posible de la humedad para evitar la corrosión.
- Las barras se identificarán debidamente con chapillas, según su calidad y dimensiones.
- Si el almacenamiento es prolongado, deben protegerse las barras con pinturas o grasas.
- Deberá evitarse durante el almacenamiento, que las barras sufran deformaciones.
- El producto se colocará sobre apoyos con el fin de facilitar su conservación y manipulación.

5.2.4 Muestreo y ensayos

Todo material de la construcción antes de utilizarse debe ser sometido a diversos ensayos, con el fin de comprobar las propiedades que, se supone, tiene el producto y así conocer la aplicación y práctica de estos.

a) Muestreo:

Para el ensayo de las barras se toma una muestra representativa del principio, del centro y al final de la horneada; con el objetivo de lograr una mayor correspondencia entre los resultados del ensayo y los datos que caracterizan al producto elaborado.

Las muestras tomadas son identificadas para su traslado al laboratorio y se consignan una serie de datos que relacionamos a continuación:

- Composición química
- Calidad de acero
- Fase de horneada a la que pertenecen (principio, centro y final)

Esta tarea de la toma de muestras es llevada a cabo por un personal designado para tales efectos, encargado también de la preparación para sus posteriores ensayos. La preparación de las muestras requiere de tres pasos:

1. Medición
2. Pesado
3. Marcado

La medición y el marcado de las barras se hacen con el objetivo de comprobar sus dimensiones en cuanto: al diámetro y la longitud inicial que poseen antes de ser ensayadas; lo que permite determinar la elongación porcentual que ha sufrido la barra al aplicarle la carga, hasta llegar al límite de rotura.

b) Ensayos:

Entre los ensayos de mayor importancia que se le efectúan a las barras de acero de refuerzo para el hormigón armado citaremos solo:

1. Ensayo a tracción
2. Ensayo de doblado en frío

Ambos ensayos por su complejidad, en cuanto a los equipos utilizados para ello, se efectúan en el laboratorio; y específicamente el del centro de producción de las barras de acero de refuerzo.

Ensayo no. 1: Resistencia a la tracción

Objetivo: determinar el límite de fluencia, la resistencia a la tracción y elongación permanente en el porcentaje de las barras de refuerzo para el hormigón armado.

Norma vigente: NC 165/2002

Comentario técnico: el ensayo consiste en someter la probeta a tensiones de tracción hasta su rotura. Este ensayo se establece para determinar las características siguientes:

- Resistencia a la tracción (Rm)
- Tensión en el límite de fluencia (Re)
- Elongación en el porcentaje después de la rotura (% E)

Equipos e instrumentos:

- Máquina de ensayo a la tracción
- Balanza de precisión
- Regla graduada o cinta métrica
- Pie de rey
- Extensómetro

Ensayo no. 2: Doblado en frío

Objetivo: determinar los cambios sufridos de la probeta al doblado de las barras.

Norma vigente: NC 165/2002

Comentario técnico: el ensayo permite establecer el método para el doblado de barras de acero a temperatura ambiente sometiendo las probetas a deformación plástica, con el objetivo de comprobar visualmente si luego de ensayadas presentan o se producen en su superficie grietas y rajaduras considerables, que representen causa de rechazo, en aplicación de este producto al elaborar elementos de hormigón armado.

Equipos e instrumentos:

- Máquina universal de ensayo a la tracción
- Regla graduada o cinta métrica

5.3 Hormigón armado

Breve reseña histórica

El paso de combinar el acero con otros materiales, como el hormigón armado, vio la luz por primera vez en una exposición realizada en París en 1855, donde se mostraba la confección de un bote a partir de estos materiales (acero en forma de mallas y hormigón), aunque no es esta la preliminar evidencia que se conoce de la combinación de este producto en la construcción.

En 1890, al ingenioso jardinero francés conocido como Monier, es a quien se le atribuye la invención del hormigón armado aplicado a la construcción; él decide reemplazar las pesadas macetas con las que debía trabajar por otras vasijas que resultaran más ligeras para facilitar su labor diaria y fue así como se le ocurrió la idea de utilizar **tela metálica** revestida con mortero. El principio que regía la nueva combinación de materiales

se fundamentaba en que la tela metálica daba forma al elemento que se pretendía obtener y el mortero le daba cuerpo a la primera.

Monier al comprobar el buen resultado de su invención continuó ensayando cada vez en más elementos hasta llamar la atención de los constructores de la época, quienes reconocieron lo novedoso de la combinación de materiales, que inicialmente se establecía entre el acero y finalmente, este último y el hormigón hidráulico.

En un inicio podría especularse que la integración entre el acero y el hormigón hidráulico fue algo casual pero no es así, ya que la decisiva unión de estos materiales se concluyó tras un proceso de prolongados estudios e investigaciones que desarrollaron ingenieros y constructores, con el afán de mejorar sus propiedades mecánicas, pues era conocida su baja resistencia a los esfuerzos de tracción.

Puede decirse, entonces, que los ensayos de Monier dieron origen a un significativo producto, que aunque tardó en cobrar auge llegó a convertirse en uno de los materiales, que por excelencia, se emplea en casi todos los procesos constructivos: el indispensable **hormigón armado**.

Ventajas y desventajas del hormigón armado

Tanto el hormigón armado, como el hormigón hidráulico tienen también una serie de ventajas y desventajas que todos los constructores deben tener presentes a la hora de confeccionarlo y se presentan a continuación:

Ventajas:

- Refractario
- Incombustible
- Se adapta al molde
- Durable
- Fácil colocación
- Alta resistencia a compresión
- Aumenta la resistencia con el tiempo

Desventajas:

- Elevado peso
- Demora en adquirir resistencia
- Se fisura
- Se retrae
- Mal aislante del sonido y el calor

La mayoría de estos inconvenientes como desventajas son solucionados con los avances tecnológicos, estudios e investigaciones desarrolladas; ejemplo de ello tenemos el proliferado uso de los aditivos que son capaces de neutralizar efectos de corrosión en el acero de refuerzo embebido en la masa de hormigón.

Cuando la masa de hormigón hidráulico se encuentra en estado fresco y se confeccionan las armaduras que darán forma al elemento estructural que se desea construir, el hormigón armado da la posibilidad de adquirir diversas formas arquitectónicas, por su facilidad de adaptarse a cualquier

molde en el primer caso y por la facilidad que tienen las barras de acero de poderse doblar, adoptando formas diferentes al conformar dichas armaduras.

5.3.1 Elaboración y colocación de armaduras

Elaboración de las armaduras de refuerzo

Se pueden elaborar diferentes tipos de armaduras o jaulas (figura 5.8), son armazones confeccionadas a partir de barras de acero de refuerzo que poseen múltiples usos, y se emplean en elementos tales como:

- Cimientos aislados
- Cimientos corridos
- Vigas de cimentación
- Columnas
- Muros
- Escaleras
- Vigas de cerramiento
- Losas de cubierta
- Anclajes para diferentes elementos estructurales

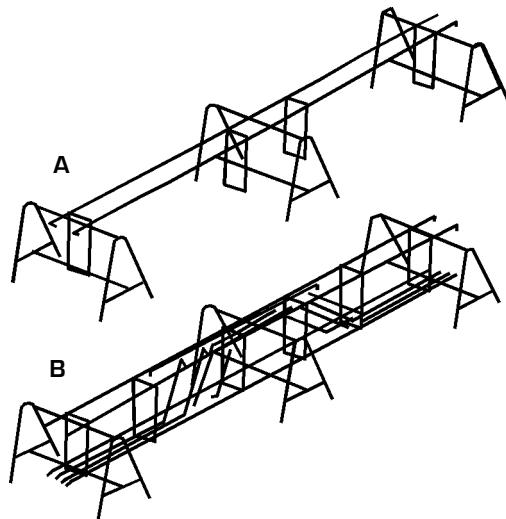


Fig. 5.8 Caballete para la elaboración de armaduras.

Formas que adquieren las barras de acero para armaduras

Las formas que adoptan las armaduras dentro de los elementos estructurales antes mencionados son diversas; se colocan dentro del encofrado

según el tipo de elemento que se ejecute, con el objetivo de conformar piezas de hormigón armado, como pueden ser:

- Parrillas para platos de cimientos aislados y en losas de cubierta (figura 5.9).
- Fustes para pedestales de cimientos corridos y columnas.
- Jaulas para columnas y vigas de forma vertical y horizontal (figura 5.10).

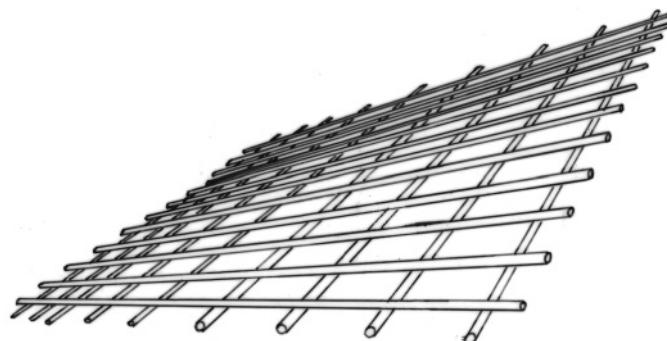


Fig. 5.9 Parrillas para plato.

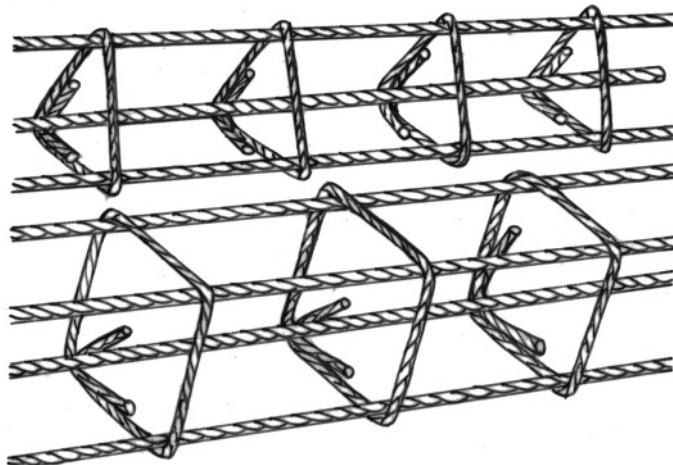


Fig. 5.10 Jaulas para cimientos y columnas.

Para conformar las armaduras de los diferentes elementos, se apoyarán en pedazos de barras dobladas que puedan sujetarlas; como son:

- Barras dobladas: conocidas como bayonetas, tienen una doble función de cambiar la forma de trabajo de las barras de refuerzo en los elementos horizontales o sea, de acero negativo a positivo (en losas de cubiertas y vigas).

- **Ganchos:** barras dobladas en sus extremos, que forman un arco y su diámetro equivale a 6 veces el de la barra y la porción recta a 4 veces el diámetro. Su función es aumentar la adherencia entre acero y hormigón (figura 5.11).
- **Cercos o estribos:** se emplean en las columnas en posición horizontal y en forma de anillos, que fijan las barras verticales, las mantienen en posición y aumenta el esfuerzo resistente a compresión. Pueden ser cuadrados, rectangulares, hexagonales y circulares (figura 5.12).

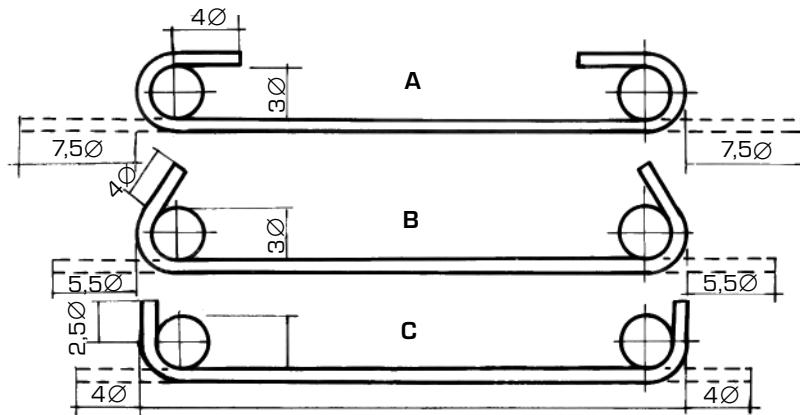


Fig. 5.11 Doblado de ganchos.

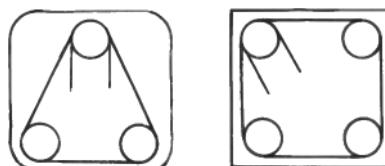


Fig. 5.12 Doblado de cercos.

Colocación de las armaduras

Como todas las operaciones que se realizan en la ejecución de obras, la colocación de las armaduras dentro del encofrado para un elemento de hormigón armado, debe regirse por las normas que establecen las medidas y requisitos; las más importantes son:

1. Limpieza del encofrado antes de colocar las armaduras para eliminar el mayor porcentaje de grasas, óxidos u otras impurezas adheridas, que puedan atentar contra la calidad del elemento estructural que se construye.
2. Respetar con exactitud la posición que ocupa la armadura dentro del encofrado que se especifique en el proyecto y mantener siempre los valores fijados para el recubrimiento de las barras de acero.

3. Cumplir con las normas de recubrimiento de acera en correspondencia con el medioambiente donde se encuentra enclavada la obra (cerca o distante del mar), que garantice la colocación de tacos o calzos provisionales en los encofrados o moldes.
4. Los tacos o calzos deben ser de mortero, hormigón, plástico u otro material apropiado; no debe emplearse la madera, ni elementos metálicos que puedan quedar a la vista, pues perjudicarían la durabilidad de los elementos ejecutados en la obra.
5. Los valores de recubrimiento para los diferentes elementos estructurales se relacionan a continuación:
 - Cimentación: de 5 cm a 7 cm.
 - Vigas, columnas, paredes y tímpanos: de 3 cm a 4 cm.
 - Losas de entre pisos y cubiertas: de 2 cm a 3 cm.
 - Todos los elementos sometidos a ambientes marinos no menor de 5 cm.

La colocación de las armaduras puede realizarse en talleres o en la propia obra, que es donde que más se emplea, pues evita las posibles deformaciones que se producen en su transportación. Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxidos, pinturas, grasas o cualquier sustancia perjudicial; se dispondrán según el proyecto de acuerdo con las especificaciones, sujetas entre sí y al encofrado de forma tal, que no puedan experimentar movimiento durante el vertido, vibrado y compactación del hormigón.

5.3.2 Elaboración, clasificación y propiedades

El hormigón armado es un producto que se logra por la unión del hormigón hidráulico y el acero, que combinando sus propiedades se obtiene un material más completo y capaz de soportar mayores esfuerzos de compresión (hormigón hidráulico) y esfuerzos de tracción (acero de refuerzo), según sea solicitado.

Características

Tanto el hormigón hidráulico como el acero son productos, que al unirse, se obtiene el hormigón armado; cuando trabajan en conjunto se obtiene un todo homogéneo en su comportamiento.

El hormigón hidráulico tiene alta resistencia a la compresión y baja resistencia a la tracción; el acero posee alta resistencia tanto a la tracción como a la compresión.

Materiales componentes

El hormigón armado está constituido por los cuatro materiales componentes del hormigón hidráulico, además del acero de refuerzo encargado de soportar los esfuerzos de tracción:

- Árido grueso (piedras)
- Árido fino (arenas)
- Cemento (aglomerante para unir áridos)
- Agua (saturar áridos, reaccionar cemento y laborabilidad)
- Acero (reforzar hormigón)

Elaboración

Después de colocadas las armaduras dentro de los encofrados, estos se cierran dejando el espacio necesario para el vertido del hormigón hidráulico y formar finalmente el hormigón armado como sigue:

- En el caso de columnas esbeltas se garantizan ciertas aberturas para el vertido, por tramos, denominadas gateras.
- El vertido del hormigón deberá hacerse desde pequeñas alturas, para evitar la disgregación de los áridos gruesos, fundamentalmente.
- En elementos que lo requieran por sus dimensiones, la colocación del hormigón se efectuará por capas, que facilita una óptima compactación con la ayuda de un correcto vibrado.
- Transcurrido el tiempo necesario para el inicio del proceso de fraguado final de la mezcla (entre 4 y 10 horas aproximadamente), se efectuará el curado de los elementos estructurales por los métodos conocidos.

Clasificación

El hormigón armado se puede clasificar de acuerdo como sean fabricados los elementos estructurales, según las especificaciones de los diferentes proyectos para la ejecución de obras, como son:

- Prefabricados: en plantas de hormigón hidráulico con sistemas tecnológicos específicos, según el tipo, que garantice plazos más cortos de ejecución y ventajas técnicas muy específicas. Dentro de este grupo se encuentran los elementos **pretensados** y **postensados**.
- Monolíticos: se realizan los elementos a pie de obra, siguiendo el proceso constructivo de: encofrar, conformar y colocar la armadura y el hormigonado; lo que hace el proceso de fabricación más lento.

- Mixtas: pueden ser prefabricados monolíticos o sea, parte de la obra con elementos prefabricados en plantas y otros hormigonados *in situ* (en la propia obra).

Propiedades

Las propiedades del hormigón armado son más complicadas que las del hormigón hidráulico, debido fundamentalmente, al papel que desempeña en la ejecución de las obras.

Por la importancia que revisten las propiedades que influyen en los elementos estructurales (cimientos, columnas, vigas, losas de entre pisos y de techos, etc.), se relacionan a continuación:

- Resistencia a las cargas estáticas y dinámicas
- Resistencia a la intemperie
- Resistencia al fuego
- Poca permeabilidad
- Peso volumétrico de (2 400 + -100 kg/cm²)
- Durabilidad

Corrosión de las barras de acero en el hormigón armado

La corrosión es un término asociado, por lo general y de manera inmediata, con el deterioro de las barras de acero, la que podemos definir como: la degradación de un material causada por su interacción con el medio que lo rodea. Se puede afirmar que la corrosión es un proceso espontáneo por el cual los metales en contacto con el medioambiente tienden a volver al estado de minerales (óxidos, sales, etc.) en que se encuentran en la naturaleza.

Agentes causantes de la corrosión

Los agentes causantes son:

- La carbonatación: es un fenómeno natural que avanza lenta y progresivamente, desde la superficie del hormigón, hasta su interior (figura 5.13).
- El medioambiente: influencia agresiva del medioambiente con relación al hormigón armado.
- Los agentes químicos: son causantes de corrosión de las armaduras de hormigón armado en zonas urbanas e industriales (figura 5.14).

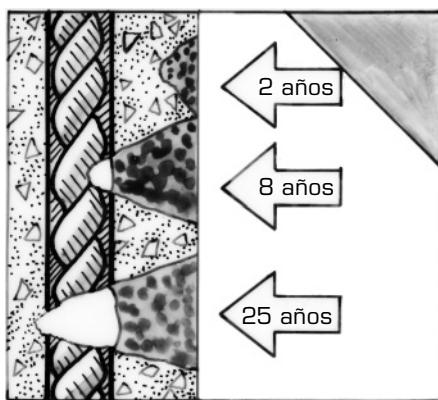


Fig. 5.13 Carbonatación a edades de 2 a 25 años.

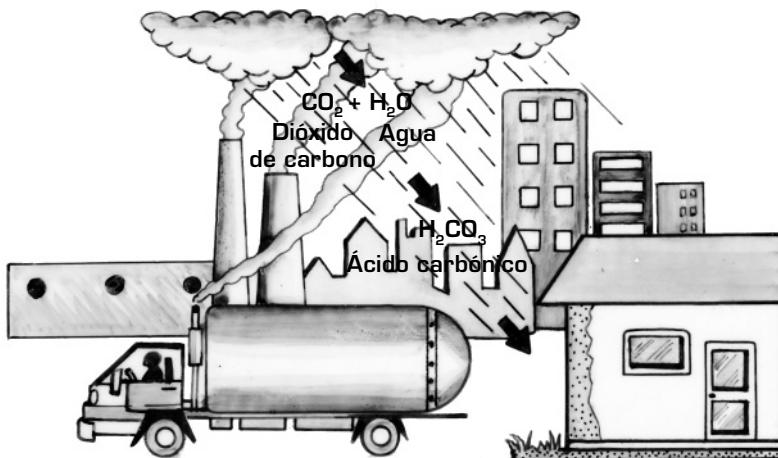
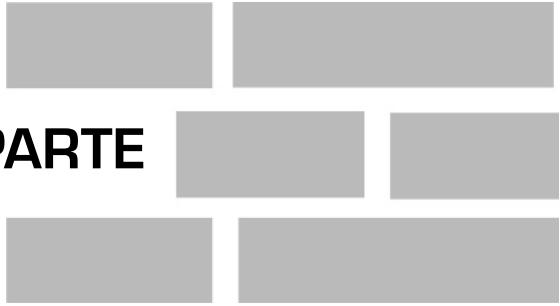


Fig. 5.14 Zona industrial altamente contaminada.



TERCERA PARTE

Productos elaborados
para la ejecución de obras

CAPÍTULO 6

Productos elaborados de morteros y hormigones para la albañilería

Los materiales áridos, aglomerantes, pigmentos y aguas que se mezclan entre sí forman una masa semiseca o fluida, que puede colocarse o moldearse con la forma y dimensiones prediseñadas, se convierte en un producto artificial de gran uso en la construcción como: el bloque, las losetas y baldosas hidráulicas, y los elementos prefabricados de terrazo (conglomerados).

Los conglomerados o productos de fabricación industrial del sector de la construcción surgen a partir del descubrimiento del cemento hidráulico Portland y tienen una gran demanda en la ejecución de las obras en nuestro país.

6.1 Bloques de hormigón para paredes

El bloque de hormigón se define como el elemento premezclado y semiesco que se emplea para levantar muros y tabiques divisorios, con forma de paralelepípedo con perforaciones o agujeros paralelos a las caras y ha de resistir las cargas a compresión prediseñadas (figura 6.1).

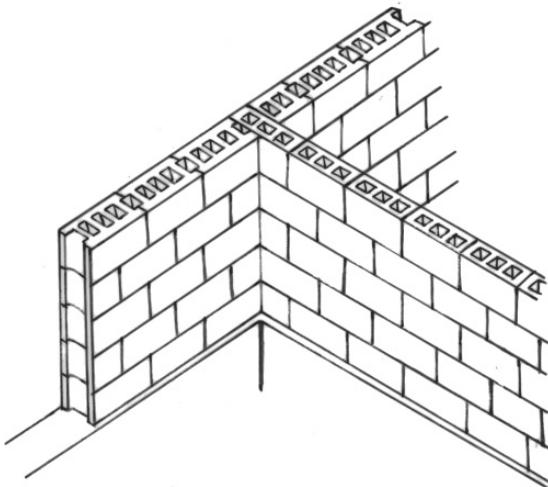


Fig. 6.1 Paredes de bloques de hormigón.

El bloque de hormigón es por excelencia uno de los productos más populares que se utilizan en la construcción, debido al ahorro de morteros con relación al empleado en los ladrillos de cerámica; además, es a su vez, más resistente a la humedad.

En Cuba, la industria de materiales de construcción productora de bloques de hormigón semisecos comienza a producir, a principios del siglo xx, con máquinas manuales, y a partir de 1940 se introducen otras de tecnología superior.

La demanda de este producto se hace notable al finalizar la segunda guerra mundial, en 1945; aunque en nuestro país, desde 1943, se redactaron normas técnicas para la fabricación y utilización de los bloques de hormigón. Desde 1950 se introdujeron nuevas tecnologías de bloques y en los últimos años se ha modernizado esta industria; se dispone de variados tipos de dimensiones y calidades, y se emplea en la gran mayoría de nuestras construcciones.

El bloque de hormigón es un elemento que se obtiene partiendo de materias primas muy específicas, tales como cemento, arena, granito y agua, premoldeando dicha mezcla con una consistencia semiseca. Tiene forma rectangular con agujeros paralelos a las cargas, que permiten aligerar su peso.

Características

El bloque de hormigón es un elemento que se emplea, generalmente, en levantamiento de paredes, con un peso aligerado por los huecos y permite un mayor aislamiento térmico y acústico. Puede resistir las cargas, según su tipo y calidad, sobre todo en los muros; al tener mayor tamaño que los ladrillos requiere menos mortero en su colocación y menor tiempo en su ejecución (figura 6.2).

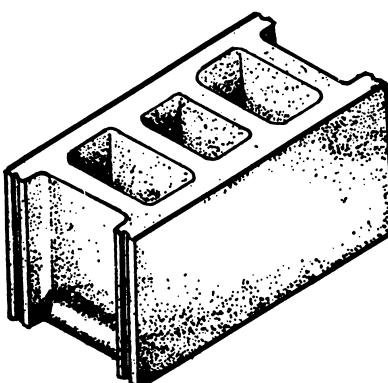


Fig. 6.2 Bloque de hormigón.

6.1.1 Materiales componentes para la fabricación de bloques. Dosificación

Las materias primas componentes para la fabricación del bloque de hormigón son el cemento hidráulico P-250, las arenas de fracción de 5 mm a 0,15 mm y las piedras de fracción de 10 mm a 5 mm (granito).

Recomendaciones para su utilización:

- Cemento: se podrá utilizar cualquiera de los cementos recogidos en la NC 95/2005 (P-250 y P-350), con un tiempo de fraguado inicial mínimo de 45 min y tiempo de fraguado final máximo de 10 horas.
- Arenas: se pueden utilizar cualquier tipo de arena que no esté contaminada (ríos, mares, minas y canteras); pero, las más recomendadas son las de trituración artificial (canteras), clasificadas y lavadas. Se pueden combinar diferentes tipos de arenas para mejorar la granulometría.
- Piedras (granito): se requiere que en las arenas el granito no esté contaminado, además sus fracciones deben estar entre 10 mm y 5 mm, según especifican las normas.
- Agua: debe ser potable y regulada por ser el bloque un producto seco y se comprime por presión en máquinas compactadoras, además de cumplir con los parámetros establecidos en las normas técnicas.

Dosificación

Igual que en los morteros y hormigones hidráulicos, antes de pasar al proceso de producción, al bloque, se le diseña la mezcla (dosificar sus componentes) para determinar la cantidad en peso o volumen de los materiales que intervienen.

Para la fabricación posterior de los bloques hay que tener en cuenta características fundamentales como: la calidad, las dimensiones y la función que tendrán cada uno de ellos.

Existen pocos métodos de diseño de mezclas para bloques de hormigón, a causa, en buena medida hasta el presente, a la poca variedad en su calidad.

El método para dosificar bloques difiere de los del hormigón hidráulico, donde se prefijan requisitos como la relación $A/C = 0,35$, las cantidades de cemento en kg de acuerdo con la calidad, la combinación de arenas y piedras en porcentaje.

6.1.2 Proceso de fabricación y clasificación de los bloques

Proceso de fabricación

La secuencia en el proceso de fabricación de los bloques de hormigón varía según el grado de mecanización y tecnología que tenga el centro de producción; dentro de ellas se encuentran las máquinas siguientes:

- Manual
- De asentamiento dinámico
- De vibración
- De simple compresión
- De vibración y compresión simultánea (la más utilizada)

La diferencia fundamental entre cada una de estas máquinas industriales es el sistema que emplean para realizar la compactación de la masa semiseca del hormigón; son factores fundamentales la consistencia de la masa fresca recién moldeada y la resistencia final del producto terminado.

Requisitos que se deben cumplir:

1. Almacenamiento de las materias primas: se almacenan en el patio de acopio del centro de producción los áridos (arenas y piedras granito); el cemento en bolsa en almacenes con las condiciones requeridas y a granel en silos.
2. Alimentación de las tolvas: son alimentadas desde el patio de acopio, mediante cintas transportadoras, que trasladan los áridos hasta las tolvas receptoras que alimentan, a su vez, los dosificadores de la planta.
3. Dosificadores de materiales: se pesan los materiales en kg, para ser mezclados en una hormigonera.
4. Vertido de la mezcla: la mezcla semiseca pasa a la máquina bloquera mediante una cinta transportadora, que traslada la mezcla recién elaborada hasta los moldes.
5. Compactación: la vibrocompactación se realiza simultáneamente, cuando se llenan los moldes en un tiempo establecido y queda debidamente acomodado el hormigón en el molde.
6. Desmolde: se realiza mediante un juego de palancas que permite el deslizamiento del molde, que deja libre al bloque ya formado.
7. Transporte: los bloques se sacan del molde e inmediatamente son retirados de la máquina, sostenidos por una bandeja o parrilla en la parte inferior; se transportan en montacargas, los cuales no deben recibir golpes por estar fresco el hormigón.
8. Curado: de gran importancia ya que el bloque es un producto que se fabrica partiendo de una mezcla semiseca y se debe aprovechar el agua de amasado. El curado permite que el fraguado y endurecimiento del

cemento sea más rápido y pueda realizarse en cámaras a vapor, por hidrotratamiento o aspersión.

9. Almacenamiento: el producto terminado se coloca en el área de almacenamiento, teniendo en cuenta sus dimensiones y la fecha de fabricación.

Una vez fabricados los bloques de hormigón, no se les puede dar salida hasta los 7 días, aunque en las fábricas donde se emplee el curado a vapor, se pueden enviar para las obras a las 24 horas.

Clasificación

El bloque de hormigón, al igual que los productos de cerámica, tiene un gran empleo en las paredes; se clasifican según la calidad (resistencia a las cargas y porcentaje de absorción), sus dimensiones, la forma y el uso a que se destine como se puede observar seguidamente:

- Según su calidad:
 - Calidad A: con una resistencia a la compresión de 70 kg/cm², 50 kg/cm² y 25 kg/cm² de acuerdo con las dimensiones.
 - Calidad B: con una resistencia a la compresión de 50 kg/cm² y 25 kg/cm² de acuerdo con las dimensiones.
- Según sus dimensiones volumétricas (figura 3.3):
 - 0,40 m x 0,20 m x 0,20 m
 - 0,40 m x 0,15 m x 0,20 m
 - 0,40 m x 0,10 m x 0,20 m
 - 0,50 m x 0,10 m x 0,20 m

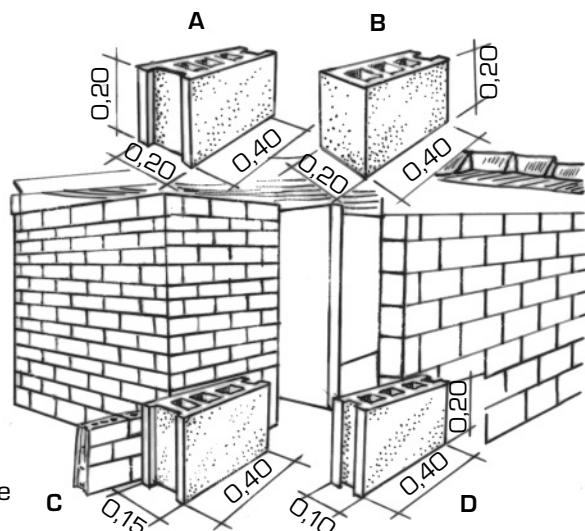


Fig. 6.3 Diferentes dimensiones de bloques de hormigón.

- Según su forma:

- Bloque de 2 o 3 huecos (elementos aligerados)
- Medio bloque (completar cierres) (figura 6.4)
- Cara texturada (lograr efectos agradables, y no requiere revestimiento)
- Celosía (cierre de patios, terrazas, etc.) (figura 6.5)
- Bloque U (para colocar refuerzos de acero en puertas y ventanas) (figura 6.6)
- Bloque para pavimento

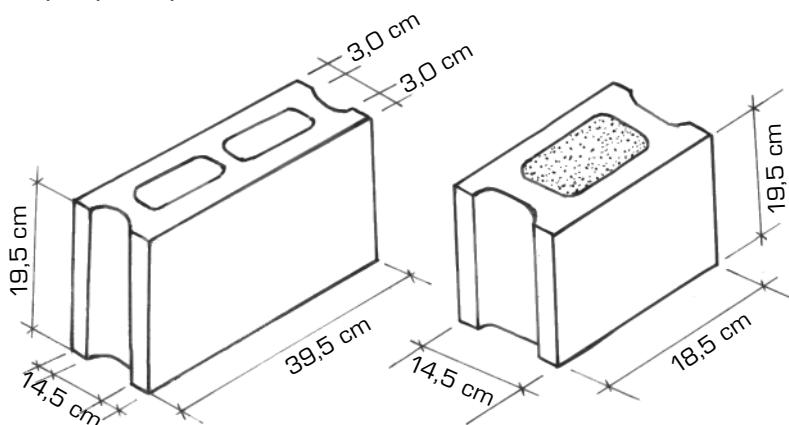


Fig. 6.4 Formas de bloques de hormigón: dos huecos y medio bloque.

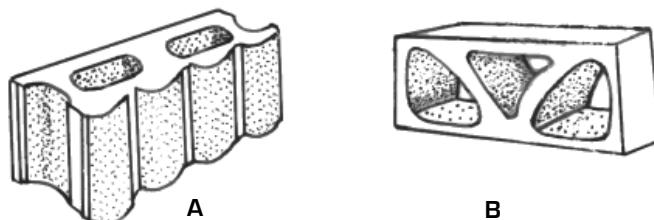


Fig. 6.5 Formas de bloques de hormigón: a) cara textura y b) celosía.

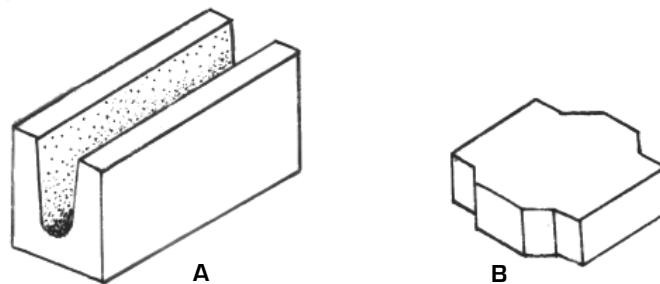


Fig. 6.6 Formas de bloques de hormigón: a) bloque u y b) bloque pavimento.

- Según el uso que se le destine:

- Muros de carga
- Muros divisorios
- A cara vista
- Trabajos ornamentales

La tabla 6.1 muestra un resumen de la clasificación de los bloques de hormigón (figura 6.7):

Tabla 6.1 Clasificación de los bloques de hormigón

Tipo de bloque	Calidad A		Calidad B		Dimensiones Largo Ancho Alto en metro		
	Resist. Comp. [kg/cm ²]	Abs. [%]	Resist. Comp. [kg/cm ²]	Abs. [%]			
I	70	8	50	10	0,40	0,20	0,20
II	50	10	25	12	0,40	0,15	0,20
III	25	-	-	-	0,40 0,50	0,10 0,10	0,20 0,20

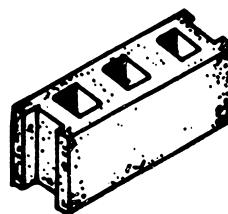
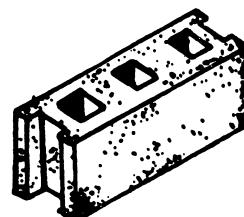
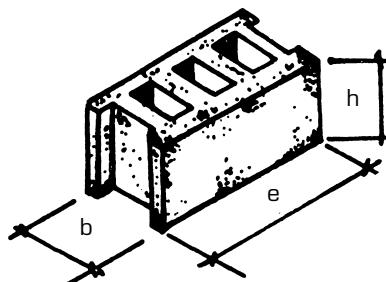


Fig. 6.7 Tipos de bloques de hormigón.

6.1.3 Propiedades, medidas de protección y usos

Propiedades

El bloque de hormigón como producto terminado, tiene propiedades que deben garantizar su calidad para su utilización en paredes; dentro de las más importantes tenemos:

- Resistente a las cargas que debe soportar
- Aislamiento térmico
- Aislamiento acústico
- Resistencia al fuego
- Poco permeable

Medidas de protección

Los bloques de hormigón se deben proteger durante el almacenamiento, tanto en los centros de producción como en las obras. También durante la transportación deben tomarse las medidas necesarias para evitar sus roturas, tales como:

- Almacenamiento en centro de producción y en obras:
 - Los bloques se almacenarán por tipo, calidad y fecha de fabricación.
 - Se colocarán en lugares limpios donde no sufran deterioro los bloques terminados.
 - Se situarán ordenados para facilitar la carga para ser transportados.
 - Clasificados por calidad y dimensiones.
 - Se manipularán con cuidado evitando roturas.
- Transportación en centro de producción y en obras:
 - Se trasladarán en camiones planchas (figura 6.8).
 - Debidamente amarrada la carga.
 - Se manipularán con cuidado durante la carga y descarga, evitando roturas.

Usos

Los bloques de hormigón son muy empleados en la construcción y según su calidad y dimensiones, será el uso más generalizado a que se destinan, sobre todo en muros; según la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Utilización de los bloques de hormigón según su calidad

Calidad	Dimensiones			Usos
I-A (RC 70 kg/cm ²)	0,40	0,20	0,20	Muros de carga
II-B (RC 50 kg/cm ²)	0,40	0,20	0,20	Muros de carga
	0,40	0,15	0,20	
III-C (RC 25kg/cm ²)	0,40	0,10	0,20	Muros divisorios
	0,50	0,10	0,20	

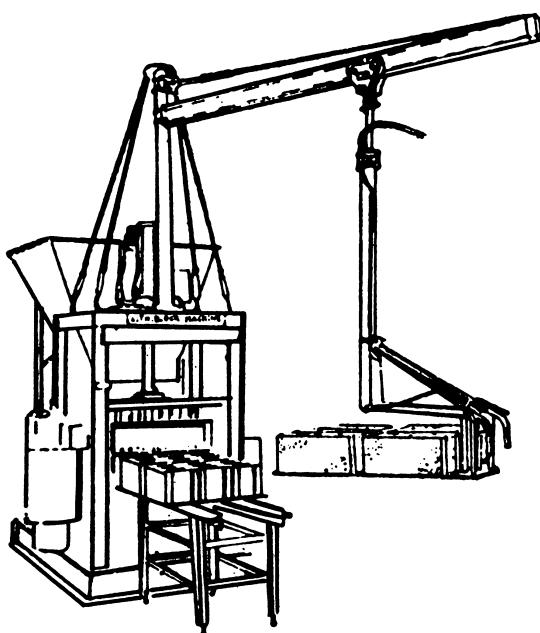


Fig. 6.8 Transportador de bloques de hormigón.

6.1.4 Muestreo y ensayos

Muestreo

Al igual que otros materiales y productos para la construcción, el muestreo de los bloques de hormigón se realiza con el objetivo de tomar una parte representativa del total fabricado, para posteriormente, someterlos a diferentes ensayos de laboratorio y comprobar su calidad.

Las especificaciones establecidas por las normas para el muestreo de los bloques de hormigón aparecen reflejadas en la tabla 6.3.

Tabla 6.3 Especificaciones para el muestreo de los bloques de hormigón

Lote	Muestras	Resistencia a la compresión			Absorción
		3 días	7 días	28 días	
500 a 5 000	12	3	3	3	3
5 001 a 10 000	24	6	6	6	6
10 001 a 15 000	36	9	9	9	9
15 001 a 20 000	48	12	12	12	12

Ensayos

Como producto terminado, a los bloques de hormigón se les realizan tres ensayos fundamentales para determinar la calidad y su posible utilización en la ejecución de las obras, tales como: dimensiones de sus caras (en centímetros), resistencia a compresión a 3, 7 y 28 días (en kg/cm²) y la absorción (en porcentaje) según se expone a continuación:

- Dimensiones: determinar las dimensiones de los bloques huecos de hormigón, al medir cada bloque, lo que constituye la muestra de ensayo (3) y se promedian.
- Resistencia a compresión: determinar la resistencia a la compresión de los bloques huecos de hormigón, a las diferentes edades (3, 7 y 28 días); se someten las muestras a cargas de compresión en una prensa hasta su rotura y se calcula por la fórmula siguiente:

$$\text{Resistencia a compresión} = \frac{\text{Carga (kg)}}{\text{Área cm}^2}$$

- Absorción: capacidad que tienen los bloques huecos de hormigón de absorber, una cantidad determinada de agua al sumergir las muestras (previamente secada) en un recipiente con agua durante un tiempo (24 horas) y se calcula por la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de absorción} = \text{Peso del bloque saturado} - \text{Peso del bloque seco}$$

Las especificaciones establecidas por las normas para ensayos de los bloques de hormigón aparecen reflejadas en la tabla 6.4:

Tabla 6.4 Especificaciones para ensayos en los bloques de hormigón

Tipo de bloque	Grado A		Grado B	
	Resist. Compr. kg/cm ²	% Absorción	Resist. Compr. kg/cm ²	% Absorción
I	70	8	50	10
II	50	10	25	12
III	25	—	—	—

6.2 Losetas hidráulicas

Las losetas hidráulicas surgen también a partir del descubrimiento del cemento Portland; se emplean en la terminación de pisos, en cualquier tipo de obra, aunque son más utilizadas en viviendas y en obras sociales. Su utilización logra una bella apariencia, resistencia al desgaste e impermeabilidad de los locales donde se colocan.

Comúnmente se les llama mosaicos a las losetas hidráulicas, como elementos ornamentales con figuras y detalles que se fabrican de forma artesanal; se definen como planchas de losas de determinadas dimensiones, generalmente cuadradas o rectangulares compuestas por tres capas (desgaste, intermedia y base) y obtenida por la compresión de mezclas semisecas en moldes metálicos (figura 6.9).

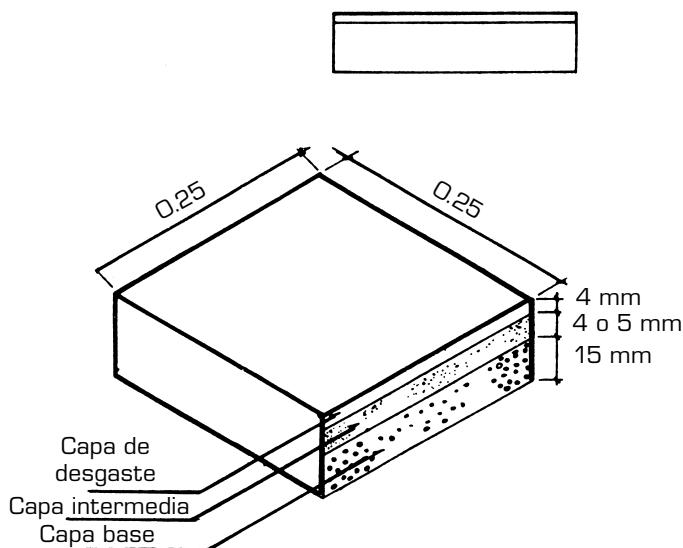


Fig. 6.9 Loseta hidráulica: 25 cm x 25 cm y capas: desgaste (0,4 cm), intermedia (0,4 cm) y base (1,5 cm).

Características

Las características que presentan las losetas hidráulicas son muy específicas y se relacionan a continuación:

- Forma cuadrada, aunque el rodapié y el paso de escalera son rectangulares.
- Presentan tres capas en su conformación: desgaste, intermedia y base.
- Cada capa consta de diferentes materiales y espesores.

- La capa o cara vista de desgaste con variedad de coloración:

- Color gris (del cemento)
- Color entero (diferentes pigmentos)
- Jaspe (dos pastas y veta final)
- Jaspe nublado
- Dibujo sencillo a dos pastas
- Dibujos formando figuras geométricas

En general las losetas hidráulicas son poco absorbentes y resistentes al desgaste que ocasiona el paso de las personas y los movimientos de los muebles en los locales.

6.2.1 Materiales componentes para la fabricación de losetas hidráulicas. Dosificación

Las losetas hidráulicas están compuestas por tres capas y en cada una de ellas se emplean materias primas específicas, las que determinan la calidad del producto final, que se mide por la resistencia al desgaste. Cada una de estas capas tiene una función determinada:

- a) Capa de desgaste: recibe los esfuerzos de fricción y resiste el desgaste. Sus materiales componentes son: cemento gris o blanco, arena sílice, carbonato de calcio, pigmento y agua.
- b) Capa intermedia: absorbe la humedad de la capa de desgaste. Sus materiales componentes son: cemento gris y polvo de cantera.
- c) Capa base: garantiza la resistencia del producto, sus materiales componentes son: cemento gris, granito de cantera y un porcentaje de agua.

Requisitos que se deben tener en cuenta:

- Cemento: deberá emplearse el cemento Portland P-350.
- Arena sílice: se empleará libre de impurezas, sin materia orgánica y la granulometría entre el tamiz 4,76 mm y el no. 100. Para ser utilizadas deben estar secas y tamizadas.
- Carbonato de calcio: deberá tener en su composición no menos de 80 % de pureza. Tener poca absorción de agua (menos de 2 % de su peso). Se emplea para que la mezcla sea más plástica y laborable.
- Pigmentos: compuestos orgánicos que son empleados para dar coloración en la superficie del producto.
- Polvo de cantera: obtenido de la trituración de la piedra caliza con 3 %, como máximo, de absorción y sin materia orgánica.

- Granito de cantera: garantiza la resistencia de la capa base, no debe tener contaminación, la absorción debe estar entre 2 % y 4,5 %. El agua para la mezcla será potable y libre de impurezas.

Dosificación

En el caso de las losetas hidráulicas cada capa se dosifica por separado y con proporciones diferentes; se expone cada una de ellas:

- La capa de desgaste: se dosifica gravimétricamente (en peso). Se pesa en kg en una hormigonera y se prepara en seco.
- La capa intermedia: se dosifica volumétricamente (en dm³). Se prepara en seco también.
- La capa base: también se dosifica volumétricamente (en dm³). Se prepara uniendo todas las materias primas con un porcentaje aproximado de agua, hasta obtener una mezcla semiseca.

6.2.2 Proceso de fabricación y clasificación

Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de las losetas hidráulicas se puede considerar como semimecanizado, ya que una parte de las operaciones se realizan de forma manual y otras mecanizadas; según las operaciones de cada capa:

1. Almacenamiento de las materias primas:

- Los áridos (arena sílice, polvo de cantera y granito de cantera), se sitúan en lugares limpios, sobre piso de hormigón y separados según su tipo y calidad.
- Los materiales que pueden alterarse por la humedad como: cementos, carbonato de calcio y pigmentos, se sitúan en lugares frescos y secos. Si están en bolsas, deberán separarse del piso y de las paredes, clasificados por calidad y tipo. Los pigmentos se clasifican por su color.
- El agua se almacenará en cisternas o tanques, para evitar la contaminación.

2. Preparación de las mezclas:

- Capa de desgaste: se prepara en la mezcladora de colores, uniendo las materias primas en seco, hasta lograr una masa uniforme. Posteriormente, se distribuye a cada operario que la coloca en la

pastera o pastadora donde se le adiciona el agua, hasta obtener una masa plástica, la cual se mantendrá en movimiento para que no pierda homogeneidad.

- Capa intermedia: se prepara en una hormigonera de eje horizontal, en seco uniendo las materias primas. Se prepara con 24 horas de antelación.
- Capa base: se prepara en una hormigonera o mezcladora, uniendo todas las materias primas con el porcentaje de agua requerido, según la humedad de los áridos, hasta obtener una mezcla semiseca.

3. Moldeo:

- El molde que se emplea para esta operación es un marco de metal muy resistente y pulido; está formado por tres partes, la placa o base lisa y pulida, el cuadro y la tapa. Antes de comenzar la operación del moldeo, se engrasa el molde para facilitar el desmolde.
- Limpia y engrasada la base se coloca el cuadro, si la loseta es ornamentada se aplica el jaspeado o vetas durante el proceso de la capa de desgaste.
- Se colocan las mezclas de las diferentes capas en el molde metálico con la forma del elemento, pero de manera inversa a como trabaja la loseta, es decir, primero la capa de desgaste, después la intermedia y luego la base.
- Después de colocada todas las capas, se coloca la tapa al molde.

4. Prensado:

- Es la operación del proceso que compacta las mezclas y forma un nuevo cuerpo con características específicas (forma y espesor).
- Se aplica una presión en la máquina a cada loseta de 70 kgf/cm^2 (7 MPa) en un tiempo de 6 s. La presión aplicada es la que conforma la pieza, uniendo fuertemente las capas y compactándolas.
- Es una operación muy sencilla, se realiza sacando los elementos del molde con cuidado y colocándolos en estantes.

5. Curado:

El curado que se emplea para estos elementos es por inmersión en una cisterna con agua. Se introducen los estantes sobre una plataforma accionada por un winche; se sumergen durante 20 min, con el objetivo de que se produzca una reacción total del cemento.

6. Secado:

Después de realizado el curado se trasladan a la zona de secado, donde se mantienen de 48 a 72 horas, para ser, después, almacenados.

7. Almacenamiento:

- Se almacenarán no menos de 20 días para la total reacción del cemento.
- Se colocarán cara con cara vista y de canto, para evitar que se rayen.
- Las estibas con una altura no mayor de 8 losetas.

8. Control de la calidad del producto:

- Inspección visual: se detectarán si presenta grietas o rajaduras, manchas, ampollas, poros, espesores fuera de tolerancia y bordes con asperezas.
- También serán sometidas a ensayo en los laboratorios.

Clasificación

Las losetas hidráulicas se pueden clasificar, de acuerdo con su forma y por su variedad indistintamente; se propone la que sigue:

- Según su forma: losetas, rodapiés o pasos de escalera (figura 6.10 y 6.11).
- Según su variedad: color entero, jaspeada, con dibujos sencillos o en combinaciones de pastas.

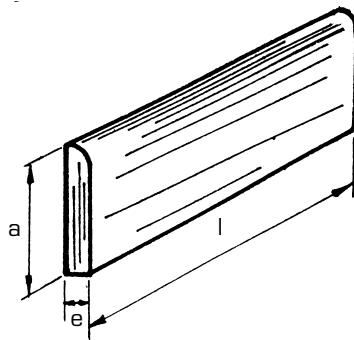


Fig. 6.10 Rodapié.

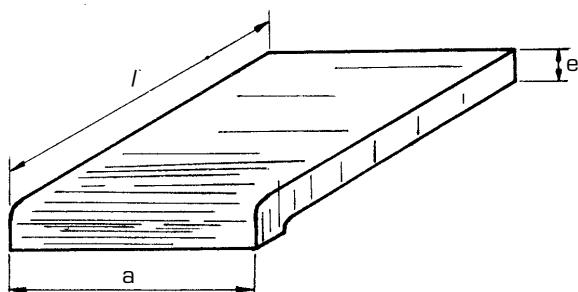


Fig. 6.11 Paso de escalera.

6.2.3 Propiedades, medidas de protección y usos

Propiedades

Es necesario que cuando se utilicen las losetas hidráulicas cumplan con las propiedades establecidas; dentro de las que se deben comprobar, como las más importantes, las que siguen a continuación:

- Belleza a la vista
- Resistencia al desgaste

- Resistencia a la flexión
- Impermeabilidad
- Color firme y uniforme

Medidas de protección

Las losetas hidráulicas se almacenarán en el centro de producción y en las obras; además, se transportarán considerando las medidas de protección siguientes:

- Almacenamiento:
 - Sobre una superficie nivelada y bajo techo
 - En forma vertical
 - Cara con cara vista
 - En estibas no mayores de 10 losetas
- Transportación:
 - Se realizará en camiones planchas
 - Se puede realizar a granel o en huacales de madera
 - A granel, en el camión se colocarán listones de madera que aseguren la carga
 - En huacales, no más de 10 losas
 - La carga debe ir convenientemente amarrada y asegurada

Usos

Las losetas hidráulicas tienen múltiples usos en la construcción, además de ser muy útiles y necesarias para la terminación de los pisos fundamentalmente, tanto en edificaciones, escuelas, hospitales, viviendas, como en obras sociales, tal y como se explica a continuación:

- Losetas hidráulicas: se emplean para las terminaciones de pisos en viviendas, en general y en obras sociales.
- Rodapiés: se emplean en la parte inferior de las paredes, con la finalidad de proteger su pintura y enlucidos.
- Pasos de escalera: se emplean en el revestimiento de las escaleras, remates de umbrales de puertas, poyos de ventanas y pretilles.

6.3 Baldosas hidráulicas

Las baldosas hidráulicas son productos de terminación igual que las losetas hidráulicas; son empleados en pisos de viviendas, en obras sociales,

en obras industriales y otras; pero, tienen un proceso de fabricación diferente: proporciona una mayor calidad en las terminaciones.

Características

Las características que presentan las baldosas hidráulicas son muy específicas (figura 6.12), aunque no igual a las losetas hidráulicas; se relaciona a continuación:

- Forma cuadrada y dimensiones establecidas de 30 cm x 30 cm, 40 cm x 40 cm, 50 cm x 50 cm, etcétera.
- Presenta dos capas en su conformación, desgaste y base.
- La capa base garantiza la resistencia del producto.
- La capa de desgaste tiene la función de resistir los esfuerzos de fricción y desgaste.
- La capa o cara vista de desgaste con variedad de coloración:
 - Color gris (del cemento).
 - Color entero (diferentes pigmentos).

En general, el **proceso de producción** es el de preparar una mezcla de hormigón (capa base); se vierte en un molde y se cubre con la capa de desgaste, que es otra capa de hormigón; pero con una siembra de piedras de colores. A lo anterior, se le añade aglomerantes y se prensa para lograr aglutinar y compactar los componentes, y se logra una superficie pareja. Después de curadas las piezas se pulen hasta obtener una cara lisa, pulida y con la coloración de las piedras y el aglutinante.

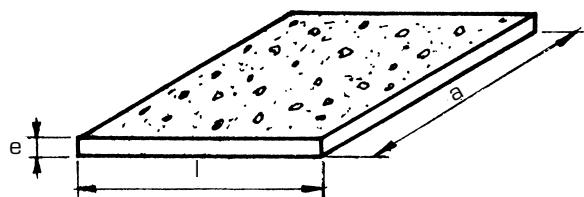


Fig. 6.12 Baldosa hidráulica.

6.3.1 Materiales componentes para la fabricación de baldosas hidráulicas. Dosificación

Materiales componentes

Para la fabricación de este producto se emplean una serie de materias primas, de acuerdo con las capas que la componen; estas dependen de cada una de ellas.

Materias primas que se emplean:

- Capa de desgaste:

- Granulados no. 1, 2 y 3
- Polvo de mármol
- Cemento gris o blanco
- Pigmentos
- Agua

- Capa base:

- Polvo de cantera
- Cemento gris
- Agua

- Granulados:

Se obtienen por la trituración de la roca de mármol o de calizas de gran resistencia libres de contaminación.

- Polvo de mármol:

Se obtiene por la remolida de las rocas de mármol y se usa con el objetivo de aumentar la plasticidad de la mezcla.

- Polvo de cantera:

Se obtiene en las canteras mediante la trituración de las rocas calizas; su tamaño está entre 2,3 mm y 3,1 mm y debe estar libre de contaminación.

- Cemento gris y blanco:

El gris se emplea para unir los áridos y puede formar parte del color de la capa de desgaste. Debe emplearse el P-350.

El blanco se utiliza para fijar más el pigmento, darle el color claro a la capa y lograr mayor belleza.

- Pigmentos:

Se adicionan a la mezcla para dar coloración a la capa de desgaste; se obtienen a partir de óxidos, y son los más utilizados los de óxido de hierro, de cromo, óxido amarillo, negro de humo, entre otros.

- Agua:

Es recomendable el empleo de agua potable y libre de contaminación.

Dosificación

Las mezclas de cada una de las capas se dosifican por separado en peso (gravimétricamente); se tienen en cuenta las cantidades necesarias de acuerdo con la capacidad de la hormigonera y la consistencia de dichas mezclas serán entre semiseca y plástica, con lo que se logra una buena terminación.

6.3.2 Proceso de fabricación y clasificación

Proceso de fabricación

Existen diferentes procesos de fabricación de las baldosas hidráulicas, en dependencia de la tecnología que se emplee, así será el proceso:

- Tecnología semimecanizada: algunas operaciones en máquinas y otras de forma manual.
- Tecnología semiautomatizada: algunas operaciones se realizan con mandos automáticos.
- Tecnología automatizada: todas las operaciones se controlan con mandos automáticos.

En general, para el proceso de fabricación se sigue el procedimiento que a continuación exponemos:

1. Almacenamiento de las materias primas:

- Se almacenarán según sean áridos o materias susceptibles a la humedad.
- Los áridos se separarán según su procedencia, sobre piso de hormigón, clasificados según su tamaño y tipo.
- Los susceptibles a la humedad, tales como el cemento y los pigmentos, se deben almacenar protegidos de la humedad.
- El cemento, si es a granel, en silos herméticamente cerrados. Si es en bolsas, debidamente protegidos.

2. Preparación de las mezclas:

- En este producto cada tecnología requiere de un proceso específico, aunque hay pasos que se realizan de la misma forma.
- La preparación de las mezclas para la capa de desgaste y la capa base se realiza con las materias primas correspondientes, en hormigoneras con una consistencia semiseca y plástica.

3. Moldeo:

- Se vierte en los moldes, según el sistema que tenga la fábrica.
- El orden de colocación de las mezclas se realiza primero en la capa base y después la de desgaste.

4. Prensado:

En la mayoría de los sistemas están integrados los moldes a la prensa. Cuando la planta es automatizada se le aplica a cada elemento una presión de 180 kgf/cm² (18 MPa) en 10 s.

5. Desmolde y paletización:

Se colocan las piezas desmoldadas en los parles o tarimas.

6. Curado:

El más empleado en estas plantas es a vapor, en cámaras cerradas donde se combina el vapor con la irrigación de agua.

7. Pulido:

Esta operación consta de tres etapas (desbaste, alisado y brillo) se realiza en máquinas pulidoras y de acuerdo con la etapa, será el tipo de piedra abrasiva que se emplee.

8. Almacenamiento.

El almacenamiento en la planta se realiza teniendo en cuenta:

- La colocación de las baldosas en los palet y se almacenan.
- La colocación a cara con cara vista.
- La forma vertical.
- La clasificación por calidad y dimensiones.

Clasificación

Podemos clasificar las baldosas hidráulicas en dos grupos:

- Según su calidad:
 - De primera
 - De segunda
 - De tercera
- Según sus dimensiones:
 - 500 mm x 500 mm x 32 mm
 - 400 mm x 400 mm x 30 mm

- 300 mm x 300 mm x 25 mm
- Rodapiés, según el lado de la dimensión de la baldosa

6.3.3 Propiedades, medidas de protección y usos

Propiedades

Las baldosas hidráulicas reúnen una serie de propiedades, no solo de gran valor estético, sino también de resistencia a la compresión y al desgaste; dentro de ellas se encuentran:

- Belleza y brillo
- Combinación de colores de la siembra de los granulados
- Resistencia al desgaste y a la flexión
- Impermeabilidad

Medidas de protección

Como medidas se proponen las siguientes:

- Almacenamiento:
 - En almacén bajo techo
 - Limpio y protegido
 - Cara con cara vista y en forma vertical
 - Clasificadas por dimensiones, tipo y calidad
- Transportación:
 - En camiones plancha con guarderas laterales
 - Cara con cara vista
 - Separadas por listones de madera de 10 mm x 20 mm, con cuñas

Usos

La baldosa hidráulica es un producto que sustituye a la loseta hidráulica; representa una imitación del granito y con una terminación pulida como el mármol. Sus usos más generales son:

- Revestimiento de pisos en viviendas y obras sociales
- Revestimientos de bancos de parques
- Revestimientos de mesetas
- Áreas de pisos exteriores

6.3.4 Muestreo y ensayos

Muestreo

El muestreo que se les realiza a las baldosas hidráulicas es similar a la de otros productos para la construcción; se parte de la producción obtenida y se toma una parte representativa, en dependencia de la cantidad de ensayos que se deben hacer, según lo establecido por las normas.

Ensayos

Es importante señalar que antes de realizar los ensayos correspondientes a las baldosas hidráulicas, estos productos deben ser inspeccionados visualmente; donde se observarán una serie de aspectos que son determinantes en el porcentaje de efectividad de la producción como son:

- Aristas vivas y definidas
- Superficies lisas y terminadas
- Afloramiento parejo del granulado
- Cumplimiento de las dimensiones establecidas
- No presentar superficies blancas o de un solo color
- No presentar grietas

Dentro de los ensayos normalizados que se les realizan a las baldosas hidráulicas, tenemos:

Ensayo no. 1 Medidas de sus dimensiones: se realiza para determinar las dimensiones establecidas al producto por la norma.

Ensayo no. 2 Resistencia a la flexión: se realiza para determinar la resistencia a flexión del producto a los 28 días de fabricado y no debe ser menor de 40 kg/cm^2 , con empleo de una prensa hidráulica, donde se le aplican cargas hasta la rotura.

Ensayo no. 3 Porcentaje de absorción: se realiza para determinar el porcentaje de absorción del producto, y no debe ser mayor de 5 % del peso; se sumerge la baldosa hidráulica (previamente seca en estufa) durante 24 horas y se obtiene el resultado del porcentaje de agua absorbida por diferencia de pesos.

Ensayo no. 4 Resistencia al desgaste: se realiza para determinar la resistencia al desgaste del producto a los 28 días de fabricado, y proporcionan un índice no mayor de $0,20 \text{ g/cm}^2$.

6.4 Elementos prefabricados de terrazo

Los elementos prefabricados de terrazo (hormigón armado) se comienzan a elaborar por la necesidad de sustituir a las piezas de mármol, que son más costosas y de difícil obtención. Estos elementos requieren de un proceso de fabricación con materias primas específicas.

Características

Las características principales que presentan estos elementos prefabricados son las variadas formas y dimensiones de acuerdo con el uso a que están destinados, dentro de los cuales tenemos: los pasos de escaleras, los tabiques divisorios, y otros.

Los elementos prefabricados de terrazo, por elaborarse en plantas de hormigón, requieren cumplir una serie de condiciones, que se exponen a continuación:

- Elementos de variadas formas y dimensiones
- Se fabrican para ser empleados en distintos tipos de obras
- Se producen como elementos prefabricados, empleando moldes
- Son reforzados con acero según corresponda al tipo de elemento
- Se emplean materias primas específicas
- Su terminación se realiza mediante las operaciones de pulido
- Se le aplican las terminaciones a las aristas y los bordes

6.4.1 Materiales componentes, proceso de fabricación y clasificación

Materiales componentes

Los elementos prefabricados de terrazo se fabrican con hormigón hidráulico; compuesto por los granulados no. 1, 2 y 3 de polvo de mármol, cemento gris o blanco, agua y pigmentos. Este hormigón se refuerza con acero, que puede ser barras lisas de bajo contenido de carbono de 6 mm a 8 mm o barras corrugadas de 9,52 mm ($\frac{3}{8}$ pulgadas).

Proceso de fabricación

Es un proceso semejante al de las baldosas, con materias primas similares, pero con moldes específicos, según el elemento que se fabrique. Difiere de los procesos anteriores por el refuerzo de acero que lleva cada elemento, según la función que realice.

El pulido se realiza también en tres etapas: desbaste, alisado y brillo. Aunque existen las operaciones de tape y destape para cubrir los poros visibles que puedan quedar.

Clasificación

Los elementos prefabricados de terrazo son hormigones armados o no, con mezclas específicas y pulidas para resaltar la belleza del colorido de las superficies; además de contar con la resistencia y calidad requerida, estos pueden clasificarse según su uso en:

- Losa hexagonal rústica o losa de piso rústica
- Pasos de escalera (figura 6.13)
- Tapa de banco
- Descanso de escalera
- Divisiones (figura 6.14)
- Pasamanos
- Losa de revestimiento (figura 6.15)
- Tapa de mesas y mesetas
- Mesetas para fregaderos y cocina

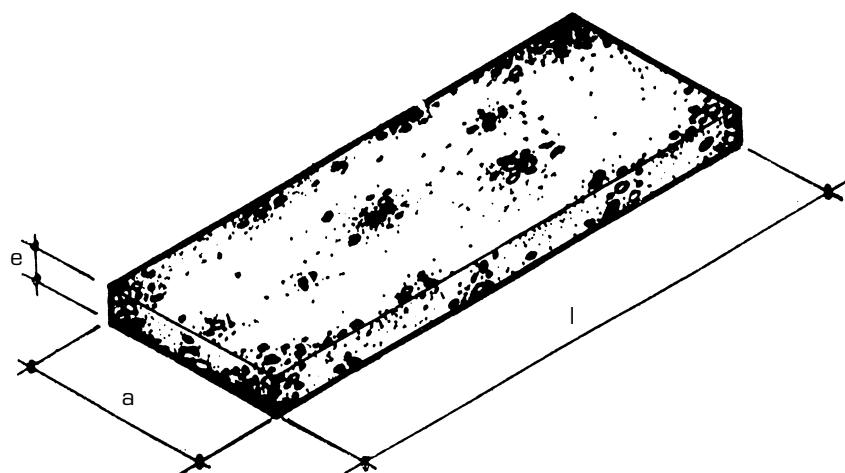


Fig. 6.13 Paso de escaleras de terrazo.

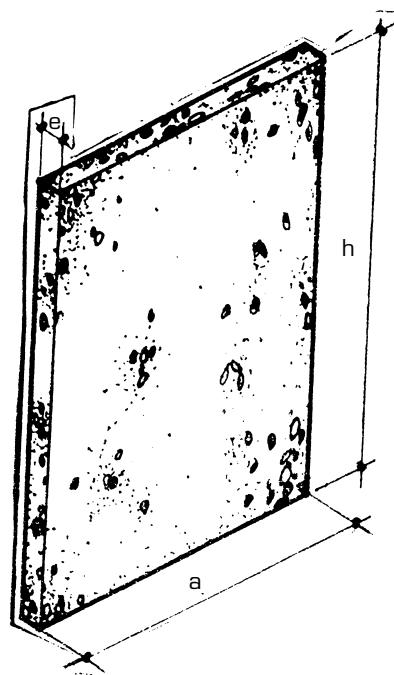


Fig. 6.14 Tabiques divisorios de terrazo.

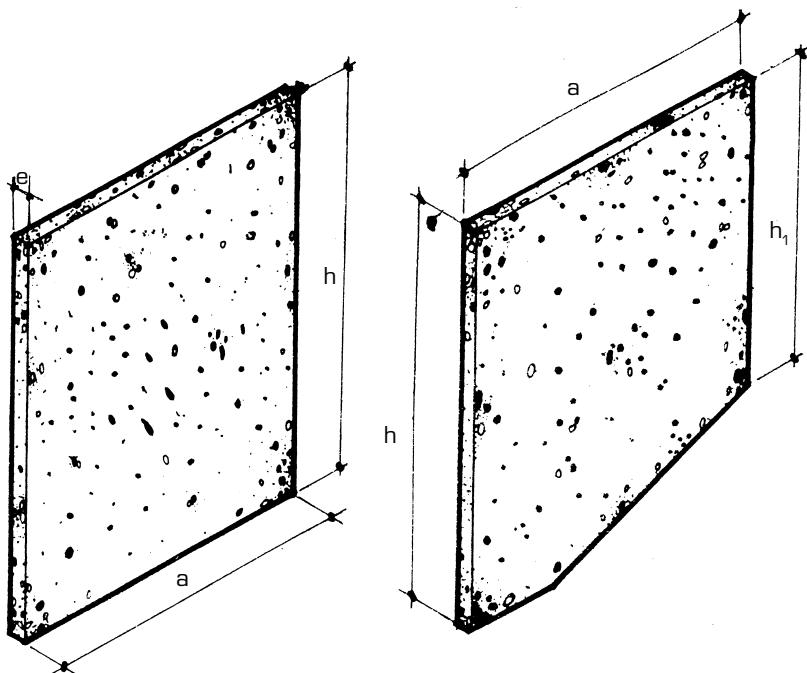


Fig. 6.15 Losa de revestimiento enteriza de terrazo.

6.4.2 Propiedades, medidas de protección y usos

Propiedades

Los elementos prefabricados de terrazo tienen un grupo de propiedades acorde al gran valor por sus diferentes usos y belleza estética, además de la resistencia a la compresión y al desgaste; dentro de ellas se encuentran:

- Belleza y estética
- Resistencia a compresión y flexión
- Variabilidad en su uso
- Superficie lisa y pulida

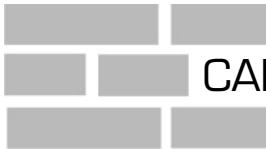
Medidas de protección

Por su gran peso y belleza (imitación al mármol) con piedras de granitos pulidas por todos sus lados, se deben tomar una serie de medidas con las piezas prefabricadas de terrazo; dentro de ellas se encuentran:

- Se almacenarán cara con cara, vista para proteger su superficie
- Bajo techo y en forma vertical
- Clasificados según el tipo y calidad
- Se transportarán con las mismas medidas que en el almacenamiento

Usos

Son muy empleados en salones de establecimiento, en industrias, obras sociales, áreas exteriores, parques y zonas de recreo, divisiones de baños públicos, etcétera.



CAPÍTULO 7

Productos de cerámica para la albañilería

Se llaman cerámicos los artículos de piedra artificial que se obtienen de materia prima mineral, mediante su moldeo y cochura (cocción) a temperaturas elevadas.

El hombre de las cavernas en su deambular por la naturaleza encontró la posibilidad de familiarizarse con el barro arcilloso y al caminar por la arcilla húmeda observó como se imprimían sus huellas; tomó una parte en sus manos y le dio forma para elaborar recipientes colocándolos al fuego; notó que endurecían y así tuvo sus inicios la cerámica.

Los productos cerámicos fueron las primeras piedras artificiales que fabricó el hombre y la primera industria de producción en serie. El ladrillo cocido tiene más de 5 000 años.

Las materias primas que más se emplean en la producción de cerámica son los caolines y las arcillas en forma pura o mezcladas con aditivos, como los desgrasantes (arenas) para reducir la plasticidad y retracción (reducción de volumen en el secado). También se mezclan con esmaltes para el acabado superficial y la coloración.

Características

Las arcillas proceden de rocas sedimentarias disgregadas, formadas por silicatos alumínicos hidratados y cristalizados, procedentes de la descomposición de los feldespatos por la acción erosiva del intemperismo. Las arcillas puras reciben el nombre de caolín y mediante la cocción dan productos puros y blancos. Se emplean en la fabricación de muebles sanitarios, azulejos y porcelanas; pueden colorearse con esmaltes.

Las arcillas, corrientes o impuras pueden contener cuarzo, carbonato de calcio, materias orgánicas y el óxido de hierro que les trasmite su color rojizo.

Los caolines están constituidos por el mineral caolinita, que contiene partículas menores de 0,01 mm; tiene color blanco y lo conserva hasta la cochura; así mismo, las arcillas están formadas por caolín con impurezas

de sustancias orgánicas y minerales en partículas menores de 0,05 mm; la impureza del hierro le concede el color rojo y el hidrato de hierro el color amarillo pardo.

7.1 Productos cerámicos para la construcción de paredes

Las paredes y muros son elementos fundamentales en las edificaciones; delimitan los espacios y soportan las cargas de cubiertas y pisos, que se han construido tradicionalmente de ladrillos, aunque pueden tener otros componentes (figura 7.1).

El ladrillo constituye la piedra artificial, con dimensiones y resistencias adecuadas, que más empleo ha tenido; se empleó en la construcción de la Gran Muralla China, también en puentes coloniales, formando pilares o columnas, en arcos y bóvedas.

El ladrillo tradicional se ha transformado y en la actualidad se fabrican ladrillos huecos, bloques, paneles y celosías, como productos para la fabricación de las paredes.

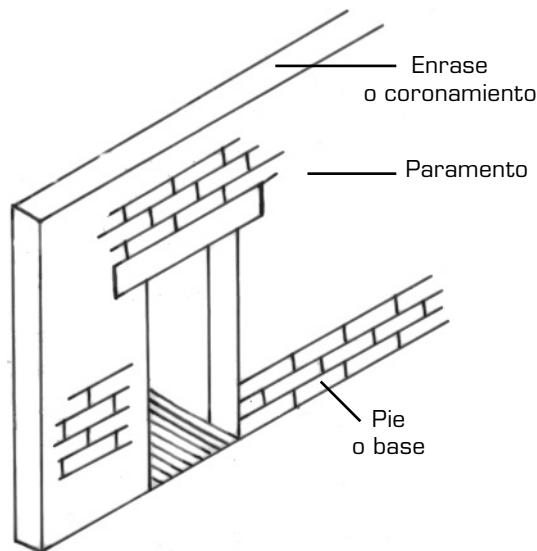


Fig. 7.1 Pared o muro de ladrillos cerámicas.

Características

Los **ladrillos** tienen la forma de un paralelepípedo rectangular, con bordes rectos, caras definidas y planas, con dimensiones como: 250 mm de largo, 120 mm de ancho y 60 mm de espesor. Estas dimensiones hacen más fácil la construcción de pilares y muros de doble hilera; además,

su espesor de 60 mm facilita poderlos coger con una sola mano. Los **ladrillos huecos** presentan orificios que pueden ser rectangulares y paralelos al largo o también cilíndricos y perpendiculares al largo.

Los **bloques cerámicos** tienen mayores dimensiones: 300 mm de largo, 150 mm de altura y 150 mm de ancho; los hay de 420 mm x 110 mm x 130 mm; presentan tres orificios perpendiculares a lo largo y canales en sus extremos.

Los **paneles** son mucho más grandes y también aligerados con varios orificios.

Las **celosías** tienen grandes orificios con un buen aspecto estético, con formas variadas que pueden ser cuadrados, hexagonales, octogonales, semiesféricos y ovalados. Se utilizan como muros divisorios no portantes de ventilación.

Todos estos productos por ser de arcilla, presentan un color rojizo y su tonalidad varía según la cocción y la composición de la arcilla. En el caso de los ladrillos refractarios el color es amarillento.

Dentro de las características más generales que acompañan a los productos cerámicos para la construcción de paredes, tenemos entre otros:

- Sonido metálico
- Color rojizo
- Resistencia según la norma establecida
- Absorción de agua según la norma
- Aristas y caras definidas

7.1.1 Clasificación

Los productos cerámicos, que se emplean en la ejecución de obras para la construcción de paredes, se pueden clasificar en tres grandes grupos: según el tipo, según la calidad y según su uso:

- Según su tipo:
 - Ladrillo macizo: pueden ser elaborados a mano o moldeados, la pasta tiene mayor cantidad de arena y su grano es más grueso y poroso; además, sus caras no son muy planas y aparecen rugosidades. También en el fabricado por medios mecánicos (fino) se utiliza una mejor pasta; tiene menos poros y sus caras son más regulares, rectas y planas.
 - Ladrillo hueco: se fabrica en máquinas, por lo que sus dimensiones y caras son regulares; es más económico ya que necesita menos pasta; presenta orificios que mejoran sus cualidades con paredes

más delgadas, sólidas y de mejor cocción; además de ser resistente al calor y acústico con los ruidos.

- Bloque de cerámica: presenta mayores dimensiones que los ladrillos con tres huecos perpendiculares a lo largo; tiene la ventaja de que con menos piezas se cubre un metro cuadrado de pared.
- Celosía: puede ser de variadas formas; presenta generalmente, un agujero central con delgadas paredes que lo limitan; se utiliza en muros divisorios acopladas unas con otras y unidas con mezclas de morteros hidráulicos; originan bellas composiciones geométricas.
- Ladrillo refractario: se utiliza para el revestimiento de hornos; se emplean en su fabricación combinaciones de sílice y silicatos aluminosos; esta composición determina la temperatura que pueden resistir (más de 1 000 °C). Este producto se fabrica parecidos a un ladrillo común, aunque también adopta formas de cuñas semicirculares para poder conformar las paredes; con el propósito de emplear la menor cantidad de mortero.
- Ladrillo fino de fachada: su fabricación es esmerada para que sus aristas y caras sean perfectas, y su color uniforme; además, la materia prima y su cochura deben garantizar la resistencia al intemperismo. También se les conocen como ladrillos de **paramentos o a cara vista** (figura 7.2).

- Según su calidad:

Los requisitos técnicos que establecen las normas en cuanto al grado de calidad de los ladrillos macizos y huecos aparecen reflejados en las tablas 7.1 y 7.2:

Tabla 7.1 Requisitos técnicos de los ladrillos macizos según su calidad

Requisitos técnicos	Grado de calidad			
	A kg/cm ²	B kg/cm ²	C kg/cm ²	D kg/cm ²
Resistencia a la compresión	140	100	80	60
Porcentaje de absorción	18	20	25	25
Alabeo: porcentaje de largo	1	2	5	5

Tabla 7.2 Requisitos técnicos de los ladrillos huecos según su calidad

Requisitos técnicos	Grados de calidad	
	A kg/cm ²	B kg/cm ²
Resistencia a la compresión	80	60
Porcentaje de absorción	16	18
Alabeo: porcentaje de largo	1	2

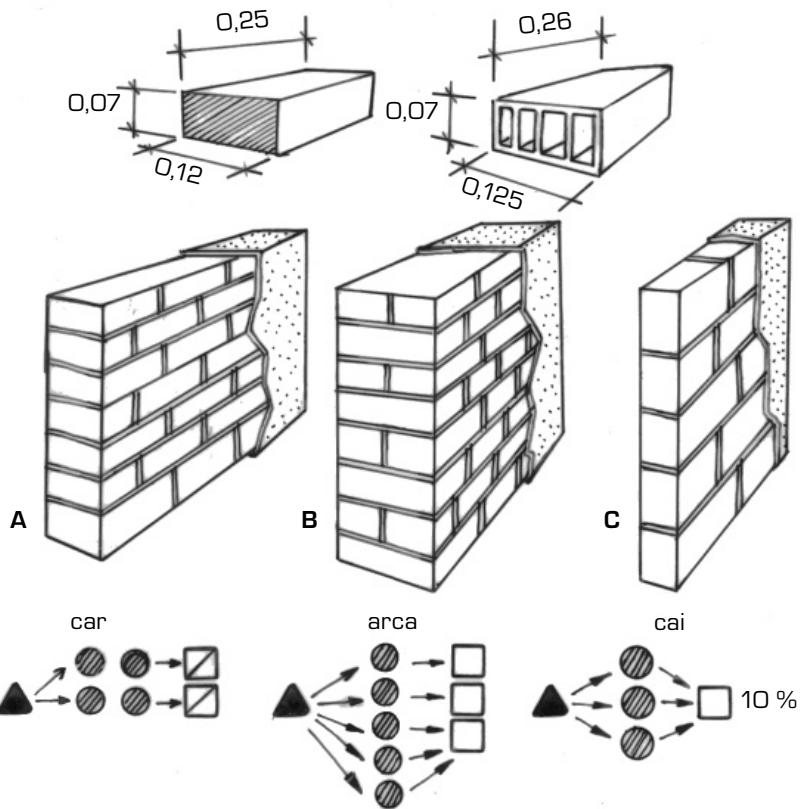
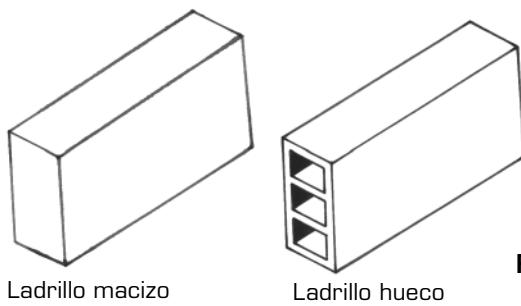


Fig. 7.2 Diferentes tipos de muros de ladrillos.

- Según su uso:

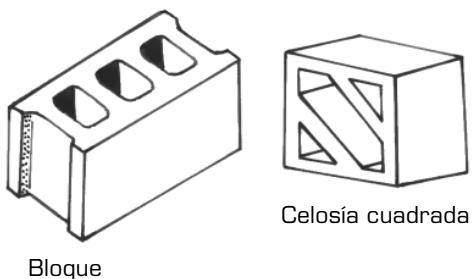
- Ladrillo macizo: por su gran resistencia a la compresión se emplean en: muros de cargas, muros divisorios, pilares, cercas y arcos
- Ladrillo hueco: por ser más aligerado y aislante se emplea en paredes divisorias, aunque por la calidad con que se fabrican pueden soportar cargas (figura 7.3).
- Bloque de cerámica: tiene los mismos usos que los ladrillos en los muros de carga y cercas.
- Celosía: tiene su función específica en paredes estéticas que no requieran un aislamiento completo sobre todo en cercas de jardinerías (figura 7.4 y 7.5).
- Ladrillos refractarios: se emplean exclusivamente para la construcción de hornos por su resistencia al calor.
- Ladrillos finos de fachadas: tienen la ventaja que no necesitan recubrimientos y pueden conformar celosías, colocándolos separados.



Ladrillo macizo

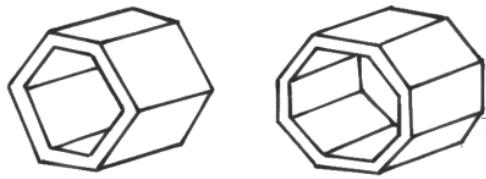
Ladrillo hueco

Fig. 7.3 Ladrillos cerámicos para paredes: macizo y hueco.



Bloque

Celosía cuadrada



Celosía hexagonal

Celosía octogonal

Fig. 7.4 Productos cerámicos para paredes: bloque y celosía.

Fig. 7.5 Productos cerámicos para paredes: celosías geométricas.

7.1.2 Acabado, defectos y medidas de protección

Los productos cerámicos para su empleo en la albañilería deben tener un buen acabado, la menor cantidad de defectos, así como cumplir con las medidas de protección establecidas en las normas.

Acabado

- Caras planas
- Aristas rectas
- Dimensiones según las normas
- Color definido y uniforme
- Sonido metálico
- Partir uniformemente
- Grano fino
- Cumplir con las normas de calidad

Defectos

Durante el proceso de fabricación de estos productos se deberá velar sistemáticamente por su calidad desde la obtención de la materia prima, hasta el almacenamiento y transporte.

Se debe garantizar por la dirección técnica de los centros de producción, que no se comercialicen productos con defectos, tales como:

- Grietas: aparecen generalmente en las caras y su origen se produce por el uso de arcillas con impurezas. Las grietas disminuyen la resistencia, dan mal aspecto y además dejan penetrar el agua en el elemento.
- Alabeos: se observa cuando las caras planas se curvan y crean un mal asentamiento que dificulta la uniformidad o alineación de las hiladas en las paredes.
- Caliches: se forman cuando las arcillas tienen impurezas de carbonato de calcio y se detectan, cuando al partir el producto, aparecen pequeñas motas blancas.
- Piritas: se presentan como gránulos de color oscuro y compuestos de hierro, que aparecen en la superficie; producen saltaduras que es un defecto visible y perjudicial.
- Silicio: se produce por la reacción de la sílice; puede producir grietas en el producto que se detectan en el momento de la cocción.
- Coloración desigual: se puede producir por varias razones: mezcla deficiente y mal secado o cochura deficiente. Esto puede ocasionar un producto sin calidad con baja resistencia, que requiere de un mayor revestimiento.

Medidas de protección

Los productos cerámicos para paredes deben llegar a su lugar de colocación en óptimas condiciones, para lo cual se tomarán las medidas pertinentes, tanto en el almacenamiento, como en la transportación.

Almacenamiento: se tendrán en cuenta una serie de medidas con los productos, para evitar que sufran pérdida de calidad, tales como:

- Se almacenarán a la intemperie
- En lugares nivelados
- Altura de estibas no mayor de dos metros
- Los ladrillos refractarios se almacenarán bajo techo
- Los elementos especiales como las celosías en cajas
- Los ladrillos finos de fachadas deben protegerse para evitar manchas

Transportación: al igual que en el almacenamiento, se tendrán en cuenta una serie de medidas de los productos, tales como:

- Se realizará en camiones con cama de madera
- Si la plancha es de acero, se colocan tablones o sacos para conservar los productos y evitar roturas
- Se recomienda el empleo de montacargas o paletas

7.1.3 Muestreo y ensayos

Muestreo

Al emplear los productos cerámicos para paredes y muros divisorios en la ejecución de obras, el técnico debe garantizar su selección adecuada, ya que su función principal es la de resistir la compresión.

Por lo planteado anteriormente, se tomarán las muestras representativas necesarias a: ladrillos macizos y huecos de sección rectangular, así como a los bloques para realizarles los ensayos correspondientes. Para ello se tomarán las muestras de un lote de una misma fabricación, las cuales serán 6 testigos (ladrillos) ensayando 3 de ellos a la resistencia a compresión y 3 a la absorción.

Ensayos

Una vez que se toman las muestras de los productos cerámicos, tanto en los tejares como en las obras (si hubieran dudas), se procede a realizar los ensayos correspondientes en el laboratorio, teniendo en cuenta las normas técnicas, según los parámetros establecidos:

Ensayo no. 1 Resistencia a la compresión: se someten los testigos a una carga continua hasta la rotura en una prensa hidráulica, para determinar la resistencia a la compresión y a su vez, el grado de calidad del producto ensayado (cuadros en 7.1.1); por la fórmula que sigue:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga kg}}{\text{Área cm}^2}$$

Ensayo no. 2 Absorción de agua: consiste en determinar la cantidad de agua que es absorbida por el testigo, que permite apreciar los poros que hay en su masa y que influye en la resistencia, y cuyo resultado se da en porcentaje (tablas 7.1 y 7.2).

Ensayo no. 3 Alabeo: se coloca el testigo por la cara del largo sobre una superficie horizontal a nivel y se mide la distancia máxima entre ambas superficies con un nonio rectilíneo mm y cuyo resultado se da en porcentaje (tablas 7.1 y 7.2).

7.2 Productos cerámicos para revestir paredes

En las edificaciones hay elementos constructivos como las paredes y pisos, que requieren de un acabado o terminación especial para cumplir su función de uso, que se puede lograr por medio de los revestimientos

como en las superficies de pisos, las paredes, los encharques y otros. Estas superficies deben ser generalmente planas, resistentes y de color agradable a la vista; además, no deben ser afectadas por el derrame de los líquidos y limpiarse fácilmente.

Características

Las principales características de los productos cerámicos para revestir paredes son: su acabado y color uniforme, formas exactas y regulares, superficies pulidas, coloreadas y resistentes.

En el caso de los azulejos, según su tecnología de fabricación, tendrán una terminación y calidad que permitirá su empleo y las baldosas cerámicas también clasifican según su uso y calidad. En general, todas brindan buena apariencia, textura uniforme y bella terminación.

7.2.1 Clasificación

Los productos cerámicos que se emplean en la ejecución de obras para el revestimiento de paredes, atendiendo a la materia prima con que son fabricados, se pueden clasificar en dos grandes grupos: de cerámica roja y de cerámica blanca:

- Productos de cerámica roja:

- Baldosas de cerámica: elemento de superficie plana, forma cuadrada o rectangular; elaborada con arcilla plástica conformada y moldeada por presión, secada y horneada. Sus dimensiones son:

Largo	190 mm	Ancho	190 mm	Espesor	25 mm
	290 mm		190 mm		25 mm
	290 mm		140 mm		25 mm

Su empleo más general es para pisos de patios, terrazas y jardines.

- Listón vista: elemento de forma plana y rectangular; elaborado con arcillas plásticas conformada, secada y horneada. Sus dimensiones son: largo 290 mm, ancho 65 mm y espesor 12,5 mm.

Presenta estrías en su parte inferior y se usa como encharque de paredes para imitar el ladrillo o impermeabilizarlos.

- Rodapié de cerámica: elemento de forma plana y rectangular; con un borde redondeado y sus dimensiones son:

Largo	140 mm	Ancho	80 mm	Espesor	12,5 mm
	200 mm		80 mm		12,5 mm
	290 mm		80 mm		12,5 mm

También presenta estrías en la parte inferior y se emplea en el extremo inferior de la pared, para evitar los golpes y la trasmisión de la humedad; remata la unión del piso y la pared.

- Poyos de ventana: elemento de superficie plana rectangular, con una de sus aristas o borde rematada (redondeada), elaborada con arcilla plástica previamente conformada. Sus dimensiones son:

Largo	298 mm	Ancho	150 mm	Espesor	20 mm
	148 mm		200 mm		20 mm
	148 mm		300 mm		20 mm

Presenta estrías en su parte interior. Se usa en los poyos de ventanas que dan al exterior, para proteger, adornar y escurrir el agua.

- Ladrillos ornamentales: son ladrillos bien elaborados que pueden estar coloreados con esmaltes. Se usan para revestir paredes y adornar partes significativas (figura 7.6).

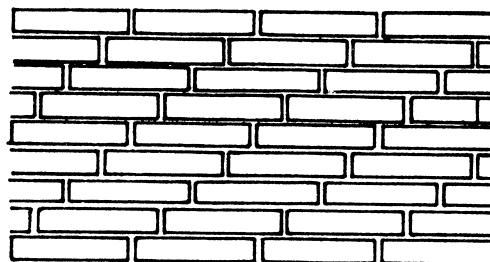


Fig. 7.6 Muro ornamental de ladrillos.

- Productos de cerámica blanca:

- Azulejos: productos de cerámica blanca más utilizados para el revestimiento de paredes; se emplean en su fabricación arcillas escogidas, las que imparten propiedades tales como: la moldeabilidad, color blanco, endurecimiento y resistencia al fuego. Para contrarrestar la retracción que ocasiona deformaciones y rajaduras, se le añade a la masa cuarzo y minerales fundentes como los feldespatos (figura 7.7).

El proceso de fabricación consta de la etapa de dosificación, moldeo, prensado para conformación; posteriormente se realiza el secado y de ahí se realiza el proceso de cocción, que se aplica en dos etapas: antes del esmalte y después.

Los azulejos tradicionales cuadrados se fabrican de dos tamaños; sus dimensiones son: 110 mm x 110 mm y de 150 mm x 150 mm, aunque en la actualidad también se fabrican de: 200 mm x 200 mm,

300 mm x 300 mm, 400 mm x 400 mm y mayores dimensiones; además de los rectangulares para cubrir más espacio y darle una mejor terminación a las paredes.

- Gres cerámico: losas para pisos de gran dureza, muy pulidas y de color brillante. Se logran mediante la cocción, hasta la vitrificación de pastas cerámicas; son muy utilizadas en los pisos de hoteles, centros turísticos, etcétera.

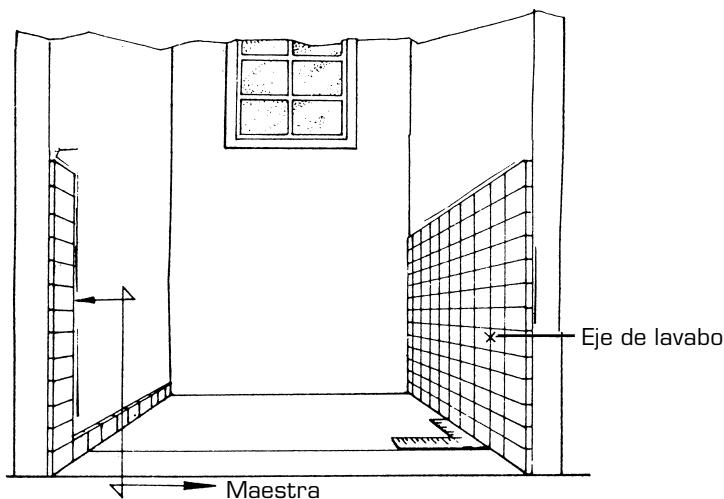


Fig. 7.7 Baño recubierto con azulejos de pared.

7.2.2 Acabado y defectos

Acabado

En el revestimiento de paredes con productos de **cerámica roja**, las normas técnicas especifican un determinado acabado para grado de calidad A y B que son:

- Grado A:
 - La superficie debe ser homogénea
 - Las aristas perfiladas y rectas
 - El color será uniforme sin manchas ni eflorescencias
 - Al ser golpeada, debe emitir un sonido claro y campanil
 - No debe presentar grietas ni rajaduras
 - No debe presentar abultamientos ni desconchados
 - No admite OCa (caliches)
 - No admite concentraciones de hierro (piritas)

- Grado B:

- La superficie debe ser homogénea
- Las aristas perfiladas y rectas
- El color será uniforme
- Admite manchas y eflorescencias
- Al ser golpeada debe emitir un sonido claro y campanil
- Admite grietas no mayor de 2 mm de profundidad
- Admite concentraciones de hierro (piritas) hasta 2 mm de diámetro
- Admite OCa (caliches) no mayor de 2 mm de diámetro

En el revestimiento de paredes con productos de **cerámica blanca** (azulejos), las normas técnicas especifican un determinado acabado para grado de calidades A, B, C y D que son:

- Grado A:

- La superficie debe ser esmaltada y uniforme
- El color debe ser homogéneo
- Las aristas perfiladas y rectas
- La sección de corte debe ser uniforme
- Al ser golpeada debe emitir un sonido claro y campanil
- No debe tener defectos visibles por la cara esmaltada

- Grado B:

- La superficie esmaltada uniforme o irregular no debe ser visible a 3 m
- El color debe ser homogéneo
- Las aristas perfiladas y rectas
- El color debe ser homogéneo
- La sección de corte debe ser uniforme
- Al ser golpeada debe emitir un sonido claro y campanil
- No admite más de 4 defectos

- Grado C:

- La superficie esmaltada uniforme o irregular
- El color es menos homogéneo
- Las aristas son regulares
- El color no es totalmente homogéneo
- La sección de corte es irregular
- Al ser golpeada debe emitir un sonido claro y campanil
- No admite más de 5 defectos

- Grado D:

- Admite más de 5 defectos
- Puede tener rajaduras de hasta de 50 mm

Defectos

Los defectos para revestimiento de paredes con productos de cerámica roja son los mismos que los de paredes; pero por sus características de uso son más significativos:

- Alabeo
- Superficies y aristas irregulares
- Color no uniforme
- Si presentan caliches o gránulos de sílice, pueden tener desconchados o grietas que impiden su utilización

En el caso de los defectos, para revestimiento de paredes con productos de cerámica blanca (azulejos), son los mismos que los de paredes; pero, por sus características de uso, son más significativos:

- Despuntados
- Esmalte chorreado
- Bordes esquirlados
- Grietas
- Falta de grueso en el esmalte
- Ralladuras y manchas
- Hundimientos en el esmalte mayor de 14 %

7.2.3 Medidas de protección, usos, muestreo y ensayos

Medidas de protección

Los productos cerámicos para revestimientos, como van a estar a la vista, requieren de una protección especial que eviten el deterioro de sus caras y la conservación de su forma; por lo que se deben cumplir las medidas de protección siguientes:

- Almacenamiento:
 - Los productos de cerámica roja pueden estar a la intemperie
 - Se colocarán de canto uno al lado del otro, para evitar que se rayen
 - La altura de las estibas no deben ser mayor de 1 m
 - No se deben golpear en su colocación
 - Los productos de cerámica blanca vienen en cajas protegidas
 - Deben guardarse bajo techo
 - Se deben manipular con cuidado para evitar roturas

- Transportación:
 - Se realiza sobre camas de madera acolchonadas
 - El vehículo no se debe desplazar a gran velocidad
 - No se tirarán al descargarlas

Usos

Los diferentes tipos de productos cerámicos (rojos y blancos), que se emplean para revestimientos de paredes, tienen un variado uso en la ejecución de obras, según su función higiénica, impermeabilizante, ornamental, estética y acabado; por lo que sus principales aplicaciones son:

- Enchape de paredes
- Cubrir partes interiores de paredes
- Impermeabilizar paredes
- Poyos de ventana
- Acabados de elementos arquitectónicos
- Fachadas de edificios
- Cubrir pisos de patios y jardineras
- En general se emplean en: baños, cocinas, hospitales, laboratorios, mesetas; donde se logra un efecto higiénico, valor estético y decorativo

Muestreo

Al igual que en los otros productos cerámicos, se tomarán testigos de las diferentes partes del lote, por un total de 9 piezas, para enviarlas al laboratorio y realizarles los ensayos correspondientes.

Ensayos

Por ser productos de cerámica roja y blanca para revestimientos de paredes, los que se presentan directamente ante nuestros ojos en cualquier tipo de edificación, es necesario realizarles un ensayo visual y acústico esmerado, para precisar si reúne los requerimientos de acabado y detectar los defectos posibles.

En el caso de los productos de cerámica roja, se les realizarán otros ensayos como: absorción y alabeo, siguiendo los procedimientos descritos en los anteriores, según las normas técnicas establecidas.

En tanto, en los productos de cerámica blanca, además de los ensayos visual y acústico, es importante el de sonido claro y campanil al golpear las piezas.

7.3 Productos cerámicos para cubiertas

Las cubiertas o techos son los elementos constructivos que cierran por la parte superior las edificaciones. Sus funciones principales son la de aislar y proteger de los agentes atmosféricos el interior de las construcciones, para aminorar la penetración de radiación solar, además de darles un acabado estético a la obra terminada.

Desde los primeros tiempos el hombre se preocupó por buscar materiales para techar sus viviendas, quizás los más utilizados en todas las épocas anteriores fueron las tejas acanaladas de arcillas.

Los productos cerámicos para techar elaborados con arcillas son piezas con determinada impermeabilización, que por la forma que presentan y la manera de colocarlas, permiten el escurrimiento del agua, dentro de ellas tenemos las tejas y las losas de azotea.

También se pueden considerar productos cerámicos de techar las bovedillas de arcillas, que son piezas en forma de bóvedas, con huecos paralelos para aligerarlas y se colocan entre las viguetas conformando la cubierta.

Características

La característica principal de los productos de techar es su impermeabilización, o sea, que no permitan el paso del agua por sus paredes. Otra característica importante es que deben cubrir un área con el menor peso, por esto sus paredes son delgadas y su forma plana o acanalada. Se elaboran los elementos con arcilla plástica de buena calidad y libre de caliche, piritas o granos de sílice, que pueden producir desconchados o grietas.

Las tejas deben acoplar unas con otras, para no dejar espacios sin cubrir y, al ser colocadas sobre las cubiertas, deben tener declive para evitar estancamiento.

7.3.1 Clasificación

Los productos cerámicos, que son utilizados para techar las cubiertas, considerando su forma y la función que realizan, se pueden clasificar en seis tipos que exponemos a continuación:

- **Losa de azotea:** elemento paralelepípedo, recto, rectangular, de poco espesor; elaborado con arcilla plástica, conformada (moldeada), secada

y horneada. La arcilla debe estar bien preparada, a veces con adición de desgrasantes, para darle plasticidad; la cara superior debe ser lisa y plana; en la inferior se le hacen estrías para el agarre del mortero. Sus dimensiones son: largo 290 mm, ancho 140 mm y espesor 15 mm (con 22,2 losas se cubre un metro cuadrado de techo).

Las losas no deben ser permeables antes de las 72 horas y no deberán presentar alabeos. Por el grado de calidad se agrupan en A y B (figura 7.8).

- Rasilla de gotero: tiene las mismas características y dimensiones de la losa de azotea, pero un poco más gruesa (25 mm); además, presenta en un costado una curvatura en la cara superior y una ranura en la inferior para que se produzca el goteo.
- Teja criolla: piezas de cerámica de forma acanalada para cubrir por fuera los techos, que recibe y deja escurrir el agua de lluvia. Se elabora con arcilla plástica, previamente conformada (moldeada), seca da y horneada; es el producto de techado más empleado en la antigüedad. Este tipo de tejas se fabrican generalmente a mano. Sus dimensiones son: largo 440 mm, base mayor (en la parte más ancha de la curvatura), 200 mm, base menor (en la parte más estrecha); 150 mm de altura (en la base mayor) 75 mm y en la base menor 60 mm (figura 7.9).

También se fabrican las tejas americanas, que son de sección semicílindricas y se pueden hacer a máquina

- Teja francesa: planas, con nervios y pestañas para el agarre mecánico de unas con otras. En general, son rectangulares y sus dimensiones son: largo 420 mm, ancho 250 mm y espesor 15 mm.

Se requiere para su elaboración arcillas plásticas de buena calidad, se moldean con prensas y se colocan en las cubiertas acoplándolas por las pestañas (figura 7.10).

- Teja caballete: empleadas para el remate de las dos aguas de las cubiertas, también hay tejas angulares que se colocan en la parte de la arista del techo y se fabrican con una parte redondeada para los extremos del caballete.
- Bovedillas: sirven para conformar la estructura. Son piezas con forma de bóveda y con huecos paralelos para aligerarlas, que se colocan entre las viguetas del techo y cubren el espacio entre ellas.

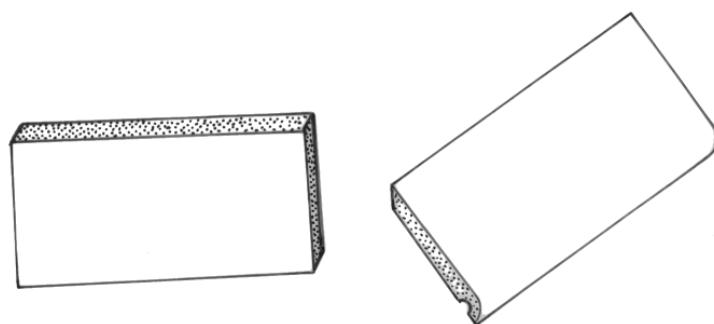


Fig. 7.8 Losetas de azotea.

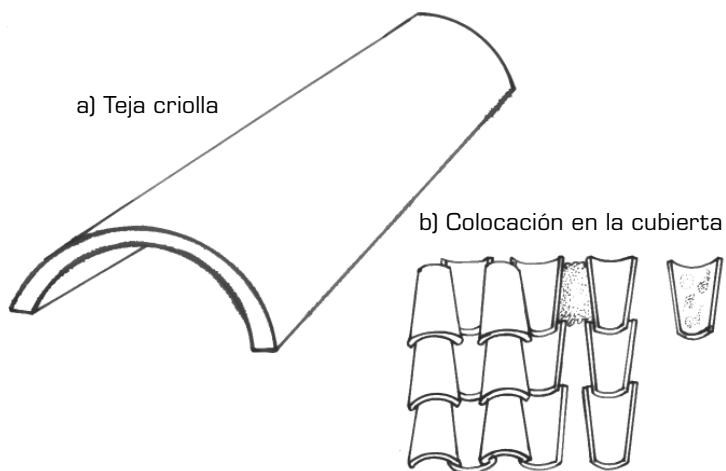


Fig. 7.9 Tejas criollas para colocación en la cubierta.

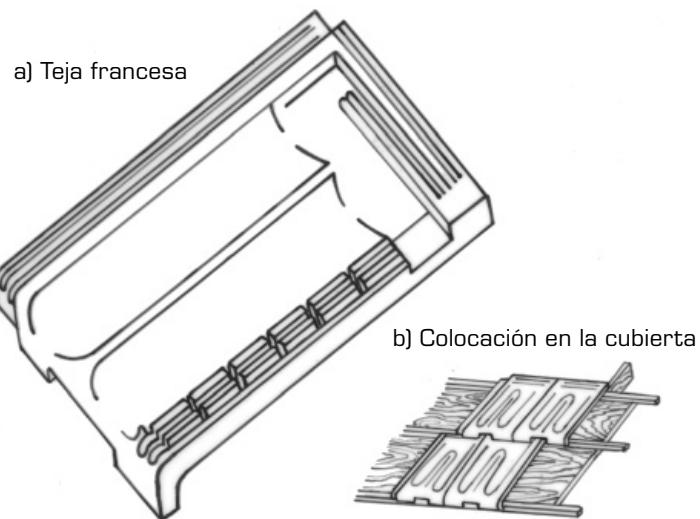


Fig. 7.10 Tejas francesas para la colocación en la cubierta.

7.3.2 Acabado, defectos y medidas de protección

Es muy importante el acabado de estos productos cerámicos para el techado de las cubiertas y por la función que desempeñan como impermeabilizantes.

Acabado

Al recibir un lote de productos cerámicos se debe comprobar que el acabado cumpla con la calidad requerida; se considerarán los requisitos siguientes:

- Calidad A:
 - Superficie homogénea
 - Aristas rectas y perfiladas
 - Color uniforme, sin manchas ni eflorescencia
 - Al golpearse con metal debe emitir un sonido claro
 - No presentar desconchados
 - No tener grietas ni rajaduras
- Calidad B:
 - Superficie homogénea
 - Aristas perfiladas y rectas
 - Color uniforme
 - No presentar manchas ni eflorescencia
 - Al golpearse con metal debe emitir un sonido claro
 - Admite grietas no mayores de 2 mm de profundidad y 25 mm de longitud
 - Admite concentraciones de hierro, hasta de 2 mm de diámetro

Defectos

Al impermeabilizar una cubierta con productos de cerámica, si colocamos una losa o teja con defectos se pueden producir filtraciones de agua que contribuyen a su deterioro, por lo que se debe velar que se utilicen aquellas que no los tienen.

Dentro de las posibles causas que ocasionan defectos a los productos cerámicos para techar, al fabricarlos, se encuentran:

- Impurezas perjudiciales en las arcillas como materia prima
- Moldeado deficiente por mala plasticidad (exceso o falta de agua)
- Secado incorrecto
- Deformación de la pieza al sacarla del molde o al colocarla en el secadero

- Cochura inadecuada (con más o con menos temperatura)
- Enfriamiento rápido

Entre los defectos que presentan los productos cerámicos para techar, después de producidos se encuentran:

- Grietas: pueden ser poco profundas o atravesar la pieza y algunas imperceptibles.
- Alabeos: curvaturas que se presentan en las superficies planas, que afectan el asentamiento. En las losas y tejas dificultan el acoplamiento y pueden retener el agua.
- Caliches, piritas y sílice: gránulos de Oca (óxido de calcio) de concentraciones de hierro o de sílice, que pueden producir grietas después de colocarlos en la obra.
- Coloración desigual: indica mala calidad por deficiente cocción. En los productos de techar no se deben admitir piezas crudas, porque al colocarlas a la intemperie se destruyen.
- Permeabilidad: se debe a excesos de poros, grietas o facturas; la humedad penetra por las paredes de las piezas y gotea.

Medidas de protección

Los productos de techar para cubiertas, por ser más frágiles que los de pared, deben protegerse con mayor cuidado, para que lleguen al lugar de colocación en perfecto estado, por lo que se deben tomar las medidas que siguen:

- Almacenamiento:
 - Tanto en los centros de producción como en las obras se almacenarán los productos cerámicos a la intemperie
 - Se colocarán sobre terrenos llanos y en zonas donde escurra fácilmente el agua de lluvia
 - Al entongar las tejas criollas se pararán sobre su parte más estrecha y formando filas horizontales, colocándose la segunda encima de la primera
 - Los entongues de los productos de techar no deben ser mayores de un metro de altura
- Transportación:
 - La transportación debe realizarse en camiones que tengan camas de maderas o se aislarán con tablones recubiertos de sacos u otro material, para evitar vibraciones y roturas de las piezas.
 - Si se utilizan camiones de volteo no se realizará la acción, recomendándose emplear paletas con montacargas en el monte y desmonte de los productos.

7.3.3 Muestreo y ensayos

Muestreo

Al igual que en los otros productos cerámicos, en los de techar se tomarán testigos de las diferentes partes del lote, por un total de 9 piezas, para enviarlas al laboratorio y realizarles los ensayos correspondientes.

Ensayos

Una vez que se toman las muestras de los productos cerámicos, tanto en los tejares como en las obras (si hubieran dudas), se procede a realizar los ensayos correspondientes en el laboratorio, teniendo en cuenta las normas técnicas según los parámetros establecidos.

Ensayo no. 1 Visual estético: precisar si los productos cerámicos reúnen los requerimientos de acabado y detectar los defectos posibles.

Ensayo no. 2 Absorción: determinar la cantidad de agua que es absorbida por el testigo; permite apreciar los poros que hay en su masa y que influye en la resistencia; su resultado se da en porcentaje.

Ensayo no. 3 Permeabilidad: determinar el no goteo de agua durante 72 horas de prueba a 9 piezas, a las que se les levantan pequeños muros de plastilina o morteros (relación 1:3) a una altura de 2 cm y se le vierte agua hasta el nivel máximo; se realizan observaciones cada 24 horas, hasta las 72 horas.

Ensayo no. 4 Alabeo en las tejas criollas: consiste en colocar una regla sobre el lomo de la pieza en su eje de simetría longitudinal, midiendo la distancia máxima entre ambas superficies con un nonio rectilíneo milimétrico.

En las **losas de azotea** se determina colocando de plano la pieza sobre una superficie horizontal, midiendo con el nonio la distancia máxima entre ambas y se obtiene el resultado de 3 piezas, que se medirán por las dos caras.



CAPÍTULO 8

Productos para instalaciones, terminaciones y áreas exteriores

8.1 Productos para instalaciones

En los procesos de las instalaciones se tratan los materiales y productos que se emplearán en los sistemas que garantizan la funcionalidad de las edificaciones; a continuación se exponen:

- Productos cerámicos para instalaciones sanitarias
- Productos para instalaciones hidráulicas
- Muebles cerámicos sanitarios
- Productos para instalaciones eléctricas
- Productos plásticos para instalaciones

8.1.1 Productos cerámicos para instalaciones sanitarias

Los productos cerámicos para instalaciones sanitarias son empleados en la conducción de las aguas de desecho, en interiores y exteriores; además, para realizar la evacuación hacia un sistema de desagüe.

Características

Dentro de las características de los productos cerámicos para instalaciones sanitarias, las más comunes son:

- Las tuberías tienen formas cilíndricas con su correspondiente bocina
- Tienen formas variadas según su función
- Se elaboran con arcillas plásticas
- Requieren un proceso de fabricación diferenciado
- Se fabrican diferentes piezas para las conducciones y ensamblajes
- Presentan un acabado brillante

Clasificación

Los productos cerámicos para instalaciones sanitarias se clasifican según la función que cumplan en obras, así como por las diferentes piezas.

Los productos pueden ser:

- Tubos sanitarios
- Sifas
- Sifas **P** lisa o ciega
- Sifas **P** con registro (figura 8.1)
- Codo
- Reducido
- Anillo
- Runnin (figura 8.2)
- **T, Y**

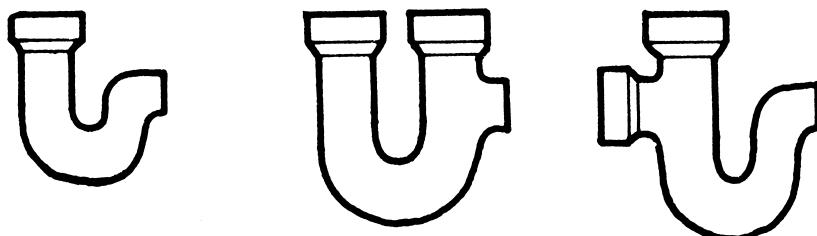


Fig. 8.1 Piezas de barro vitrificado: sifas "P" y runnin sencillo.

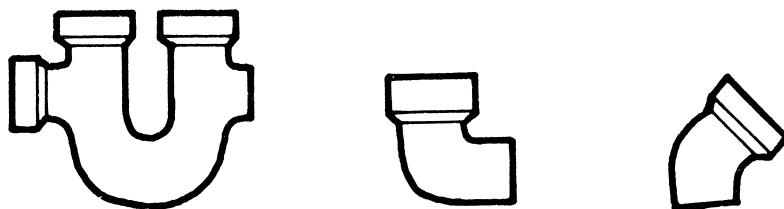


Fig. 8.2 Piezas de barro vitrificado: runnin doble y codos.

Propiedades

Para comprobar la calidad de estos productos cerámicos para instalaciones sanitarias es necesario realizarle ensayos que se relacionan a continuación:

- Resistencia a los ataques químicos
- Superficie lisa

- Superficie pulida y brillante
- Formas que facilitan el paso del agua, en unos casos y la retención en otros

Medidas de protección

Las instalaciones sanitarias empotradas en paredes, cubiertas o entrepisos y ocultas en falsos techos serán objeto de un control de calidad riguroso durante su replanteo, para evitar errores que ocasionen afectaciones posteriores a los trabajos de terminaciones, como son repellos finos, masticas, falsos techos, enchapes, etc. En estos productos para instalaciones sanitarias, las medidas de almacenamiento y transportación son de gran importancia; entre las más generales se encuentran:

- Se colocarán las piezas una al lado de la otra
- Los tubos se podrán almacenar a la intemperie
- La manipulación, tanto en el almacenamiento, como en la transportación se realizará con cuidado
- Se clasificarán las piezas según el tipo

Usos

El empleo de esta gran variedad de productos cerámicos, en las instalaciones sanitarias es necesaria y de suma importancia, como puede verse a continuación:

- Los tubos se emplean en instalación de desagüe (figura 8.3)
- Se acoplarán debidamente para evitar salideros (figura 8.4)
- Las diferentes piezas se utilizan según la función que deben realizar (figura 8.5) (sifas, codos, T, Y, reducidos, etcétera).

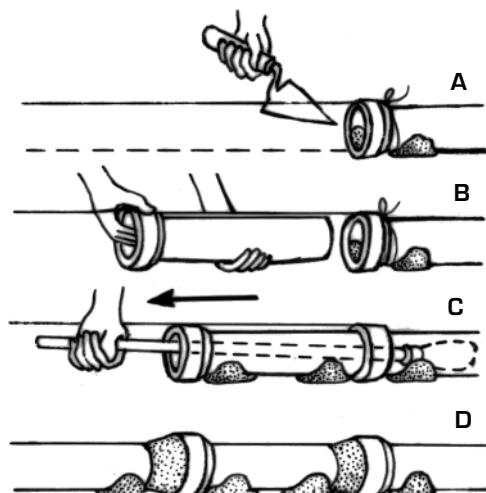


Fig. 8.3 Colocación de tubería con tubos sanitarios.

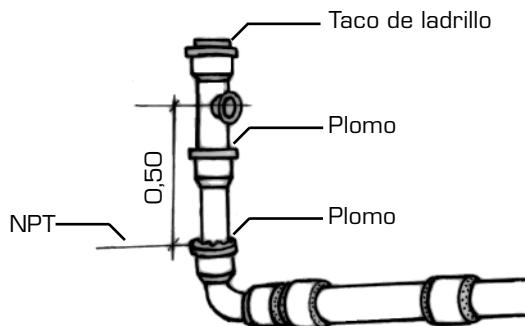


Fig. 8.4 Desagüe de lavamanos con diferentes piezas.

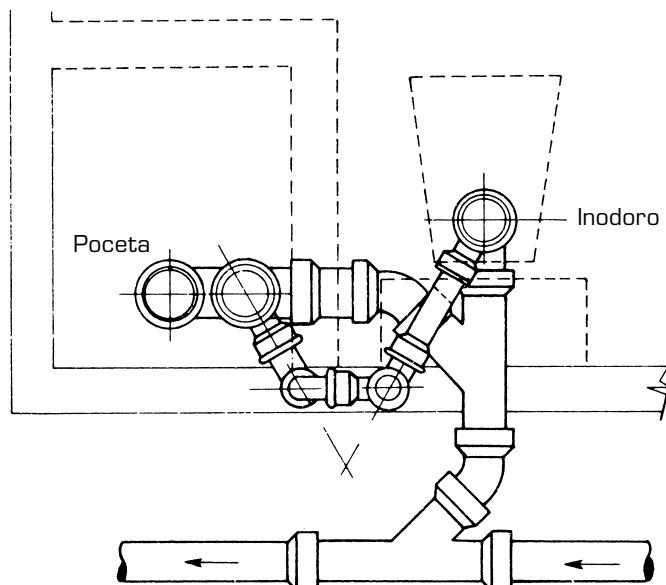


Fig. 8.5 Sistema de desagüe de un baño con diferentes piezas.

8.1.2 Productos para instalaciones hidráulicas

Los productos para instalaciones hidráulicas son empleados en la conducción del agua potable dentro y fuera de las edificaciones: desde el primer grifo y mueble sanitario hasta el exterior.

Características

Dentro de los rasgos más característicos de las instalaciones hidráulicas, se encuentran los siguientes:

- Se debe esperar que estén levantados los del baño y la cocina.

- Las instalaciones hidráulicas pueden ser descubiertas u ocultas en los muros.
- Es importante probar su funcionamiento antes de cubrirlas.
- Es necesaria la instalación de la válvula de paso.

Clasificación

También las instalaciones hidráulicas se pueden clasificar en diferentes grupos, atendiendo a la función que cumplan en las obras:

• Según la pieza	• Según el material	• Según el diámetro
– Tubo	– Acero galvanizado	– $\frac{3}{8}$ " (9,5 mm)
– Codo	– Bronce	– $\frac{1}{2}$ " (12,7 mm)
– Reducido	– Cobre	– $\frac{3}{4}$ " (19,1 mm)
– Anillo	– Plástico	– 1" (25,4 mm)
– T, Y	– Mixto	
– Llave		
– Ducha		
– Nudo		
– Latiguillo		
– Unión		

Propiedades

Para comprobar la calidad de las instalaciones hidráulicas es necesario realizarles ensayos los cuales relacionamos a continuación:

- Resistencia a los ataques químicos
- Superficie lisa
- Formas que facilitan el paso del agua, en unos casos y la retención en otros

Medidas de protección

Como en las instalaciones sanitarias, las hidráulicas empotradas en paredes, cubiertas o entrepisos y ocultas en falsos techos serán objeto de un control de calidad riguroso durante su replanteo, para evitar errores que ocasionen afectaciones posteriores a los trabajos de terminaciones, como son repellos finos, masillas, falsos techos, enchapes, etcétera.

Otro tanto ocurre en la protección de las instalaciones hidráulicas relacionadas con el almacenamiento y la transportación; se exponen algunas de ellas a continuación:

- Se colocarán las piezas una al lado de la otra.
- Los tubos se podrán almacenar a la intemperie.

- La manipulación, tanto en el almacenamiento, como en la transportación se realizará con cuidado.
- Se clasificarán las piezas según el tipo.

Usos

El empleo de esta gran variedad de piezas para las instalaciones hidráulicas es necesario y de suma importancia, tanto para las edificaciones como exteriores, como puede verse a continuación:

- Los tubos se emplean en instalación de agua potable (figura 8.6).
- Se acoplarán debidamente para evitar salideros.
- Las diferentes piezas se utilizan según la función que deben realizar (figura 8.7) (tubos, codos, nudos, **T**, **Y**, reducidos, etcétera), en:
 - Edificios públicos y exteriores
 - Parques
 - Hospitales
 - Alumbrado público de calles y avenidas
 - Puentes, etcétera

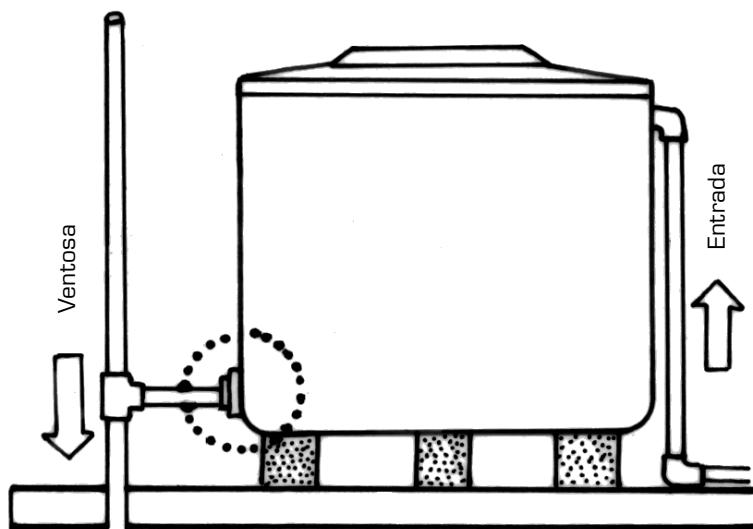


Fig. 8.6 Instalaciones hidráulicas a un tanque elevado.

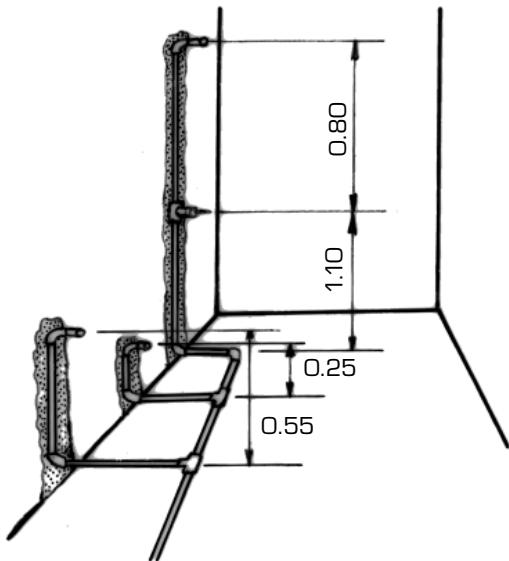


Fig. 8.7 Instalaciones hidráulicas en un baño.

8.1.3 Muebles cerámicos sanitarios

Los muebles cerámicos sanitarios son las piezas que se emplean en las instalaciones de los baños y que tienen la función de recibir y evacuar las aguas albañales mediante los conductos.

Características

Dentro de las características generales de los muebles sanitarios se destacan, entre otras, las que se citan a continuación:

- Acabado perfecto de su superficie
- Terminación lisa pulida y brillante
- Requieren de un proceso de fabricación diferenciado
- Se fabrican con arcillas puras o caolines
- Requieren de un sistema de herrajes para su instalación

Clasificación

Es de todos conocido la gran variedad de los muebles sanitarios, que se emplean en las obras constructivas, los cuales clasificaremos en seis grupos como sigue:

- Taza de baño
- Tanque para tazas

- Lavabos
- Urinarios
- Bañeras
- Jaboneras

Propiedades

Para poder obtener los resultados que se espera de la calidad de los muebles sanitarios se realizan pruebas para comprobar sus propiedades; dentro de ellas, las que se exponen a continuación:

- Resistencia a los ataques químicos
- Estanqueidad
- Fácil evacuación
- Buen funcionamiento hidráulico

Medidas de protección

Para proteger los muebles sanitarios en obras se almacenarán y transportarán, de acuerdo con las condiciones siguientes:

- En huacales de madera
- Uno al lado del otro
- Extremando las medidas en la transportación y descarga para evitar roturas

Usos

Los muebles sanitarios en las obras de construcción son de gran variedad y de vital importancia; sus usos se relacionan a continuación:

- Tazas (baños de viviendas y públicos; figura 8.8)
- Tanques (baños de viviendas y públicos; figura 8.9)
- Urinarios (baños públicos)
- Bañeras (baños en general)
- Lavabos (baños en general; figura 8.10)

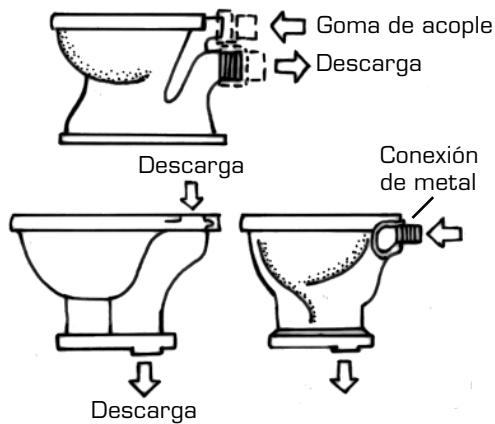


Fig. 8.8 Tazas de baño con descarga a la pared y al piso.



Fig. 8.9 Tanque de baño sobre taza.

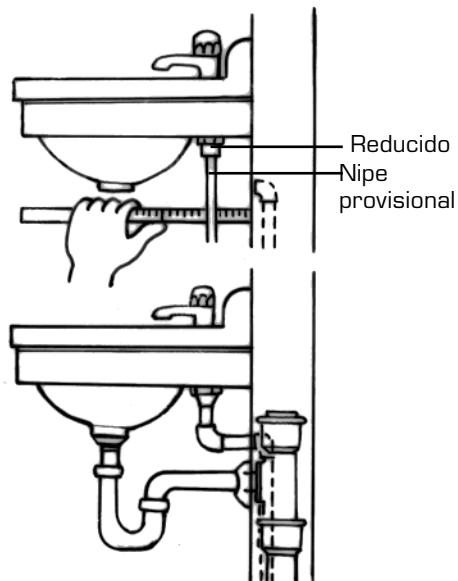


Fig. 8.10 Lavabos o lavamanos.

8.1.4 Productos para instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas en las edificaciones requieren de operaciones para las que se necesitan productos específicos, que tienen la función de conducir la electricidad.

Características

Las características de los materiales eléctricos, como productos para la construcción, están determinadas por el tipo de elemento que se va a emplear donde se realice la instalación, como son: instalaciones empotradas o instalaciones expuestas.

Clasificación

Las instalaciones eléctricas se proyectan ocultas en muros y cerramientos, lo más sencilla posible; con un alimentador central que corre por ellos, para alimentar luminarias, interruptores y tomacorrientes.

Después de realizado el revestimiento, cubierta, piso y colgado de puertas y ventanas, se considera que la corriente eléctrica penetra en las edificaciones hasta todos los componentes y accesorios de las instalaciones, por lo cual se pueden clasificar en:

- Según el orden operacional:
 - Alambrado y empalme
 - Instalaciones de los accesorios
 - Instalaciones de las luminarias
- Según los componentes y accesorios:
 - Conductor eléctrico (por tuberías, canales y por bandejas)
 - Cajas eléctricas (metálicas o plásticas)
 - Dispositivos de conexión
 - Portalámparas (para techo o pared)
 - Tomacorrientes (empotrado o expuesto)
 - Interruptores (manuales y automáticos)
 - Dispositivos de protección (fusibles automáticos o cortacircuitos)

Propiedades

Los elementos que se empleen para instalaciones en los edificios, deberán cumplir dos propiedades fundamentales: resistencia eléctrica de acuerdo con la capacidad requerida en la edificación y calidad y durabilidad de los accesorios empleados en los trabajos.

Medidas de protección

Para los productos eléctricos se deberán considerar toda una serie de medidas de protección, que garanticen la calidad de los trabajos que se realicen. A continuación se relacionan algunos ejemplos:

- Para fijar cajas en paredes de ladrillo: se fija para ser empotrada posteriormente; esto se realiza antes de colocar el revestimiento de la pared.
- Para fijar cajas en encofrados: se fija antes de hormigonar, sin posibilidad de desplazamiento; quedan selladas por el hormigón.
- Para fijar tubos en la pared: se coloca la tubería en la ranura y se fija con clavos o con mortero en varios puntos, hasta que se realice el revestimiento. En el caso de instalaciones expuestas se fija con grapas.
- Los tubos plásticos a las cajas: se fijan con el objetivo de lograr una mejor continuidad de los conductos, así como una mayor resistencia.
- La introducción de alambres en los tubos: se realiza con facilidad si las operaciones anteriores han sido correctas. El número de conductores y su calibre se determina según el plano de instalación.

También es necesario tener en cuenta la protección de los dispositivos eléctricos y considerar su tipo, su forma y la calidad; entre los más importantes tenemos:

- Interruptores
- Tomacorrientes
- Luminarias o lámparas

Usos

Entre los dispositivos eléctricos más empleados en las obras de construcción aparecen los siguientes:

- Canalizaciones: con tubos rígidos de acero en industrias y con tubos plásticos en las residencias.
- Cajas eléctricas: dan acceso al interior de los tubos para introducir en ellos los conductores, realizar empalmes y conectar todos los dispositivos necesarios.
- Portalámparas: para realizar con facilidad las conexiones de las lámparas incandescentes.
- Tomacorrientes: para conectar aparatos (provistos de espigas), a la red eléctrica.
- Interruptores: para realizar la conexión y desconexión de forma manual.
- Fusible: como dispositivo de protección simple; actúa de forma rápida y segura ante un cortocircuito.
- Interruptores automáticos: la desconexión de este dispositivo se realiza de forma automática, cuando la carga es mayor que la capacidad del dispositivo y protege la edificación.
- Timbres: para avisar en las viviendas la llegada de visitantes, que están en espera de ser atendidos (figuras 8.11 y 8.12).

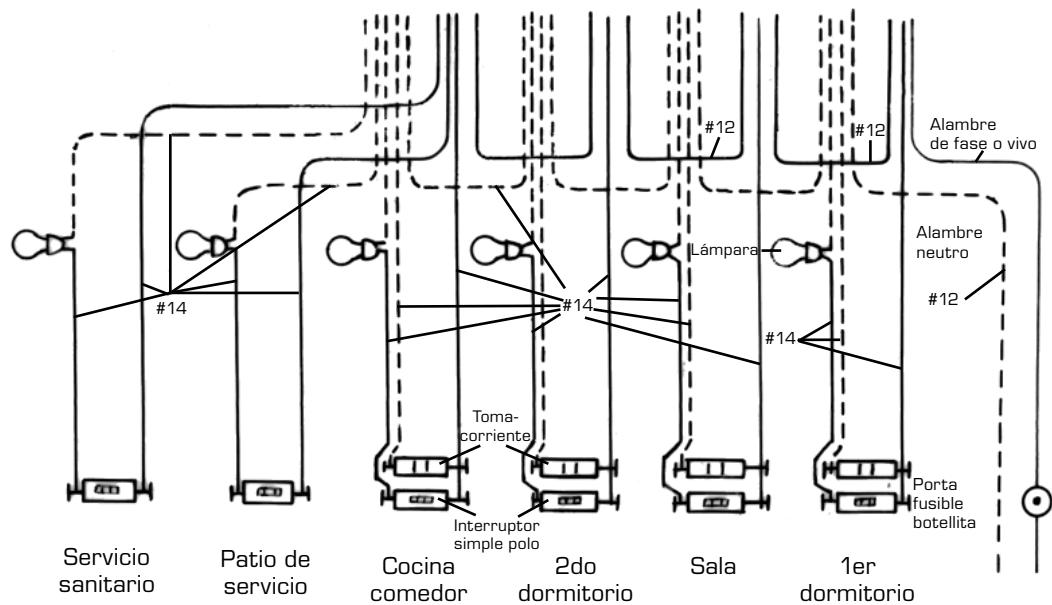


Fig. 8.11 Diagrama de instalación eléctrica.

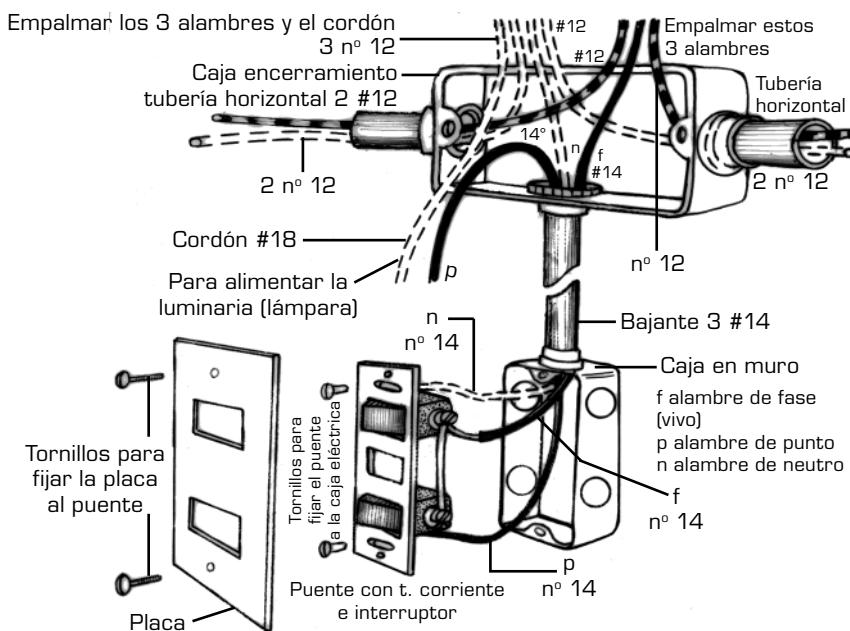


Fig. 8.12 Esquema de conexión eléctrica.

8.1.5 Instalaciones con productos plásticos

El empleo de los productos plásticos para instalaciones en las construcciones se ha intensificado cada día con las nuevas tecnologías constructivas; además, permiten lograr un menor tiempo de ejecución de las obras.

Características

Existen muchos grupos de productos plásticos, aunque los más utilizados en construcciones son las resinas aglomerantes, que presentan características específicas (figura 8.13) como son:

- Se pueden moldear fácilmente en proceso de fabricación
- Son materiales orgánicos
- Son polímeros (elevado peso molecular)
- Tienen un alto costo con respecto a los materiales tradicionales

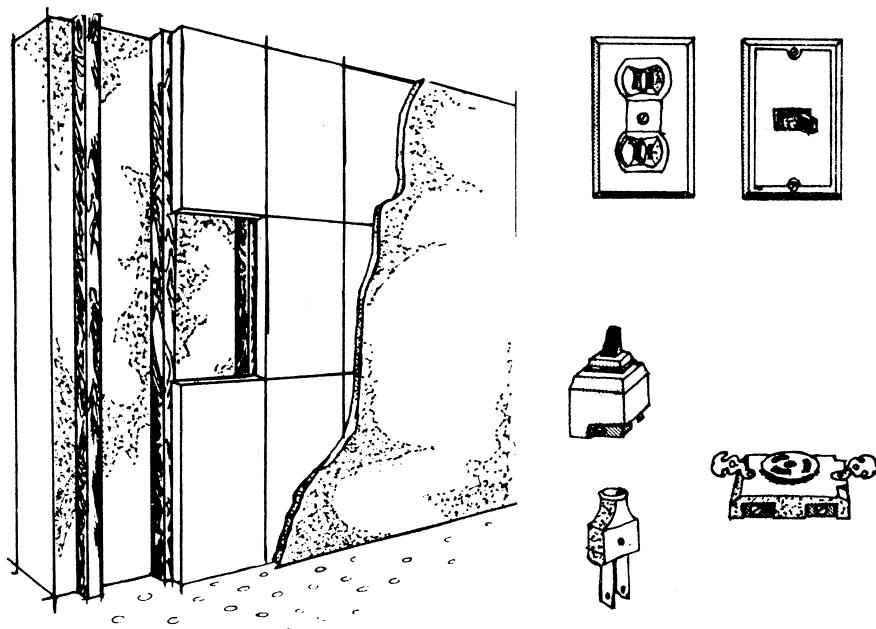


Fig. 8.13 Piezas plásticas para uso eléctrico.

Clasificación

Atendiendo a sus propiedades plásticas, los productos se pueden clasificar en tres grupos:

- Termoplásticos: con el calor se reblandecen y al enfriarse endurecen. Ejemplo: el polietileno.

- **Termoestables:** se les da formas por el calor o con endurecedores; después de conformados, el calor los destruye. Ejemplo: las resinas fenólicas.
- **Elastómeros:** materiales polímeros como las siliconas, con las que se fabrica el caucho.

Propiedades

Dentro de las propiedades más comunes, que presentan estos productos plásticos, se encuentran:

- Blandos, según el estado en que estén
- Duros, también según el estado
- Opacos
- Quebradizos
- Transparentes
- Coloreados
- Pueden arder o no

Medidas de protección

La gran variedad en cuanto a las cantidades y calidades de los productos plásticos determina, que las medidas de protección que se adopten para cada uno de ellos sean diferentes y sus fabricantes señalarán las medidas de envasado, almacenamiento y protección, que se deberán tener en cuenta para preservar su calidad.

Usos

Son utilizados en las construcciones de acuerdo con el tipo de obra, elementos que requieran de ellos y funcionalidad, como se expone a continuación:

- Productos laminados para estructuras
- Paneles reforzados
- Tuberías
- Tomacorrientes
- Interruptores
- Espigas
- Molduras
- Resinas adhesivas
- Pinturas
- Barnices
- Adhesivos industriales

8.2 Productos para terminaciones

Sobre los procesos de terminaciones se tratan los materiales y productos más importantes, que se emplearán para garantizar la funcionalidad de las edificaciones; ellos comprenden los que se exponen a continuación:

- Puertas y ventanas
- Pinturas
- Vidrios

8.2.1 Terminaciones con puertas y ventanas

Llamamos **puerta** al elemento constructivo que se aloja en un vano, para acceder a un espacio o local, para iluminar, ventilar, dar privacidad y dar visión.

Llamamos **ventana** al elemento constructivo que se aloja en un vano, para: iluminar, ventilar y dar visión (figura 8.14).

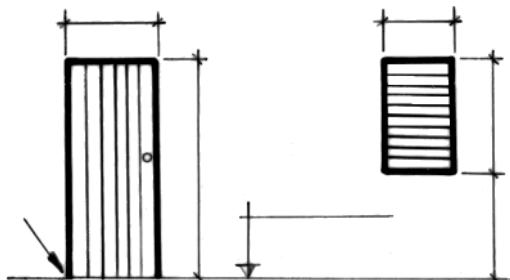


Fig. 8.14 Puerta y ventana.

Componentes

A continuación se establecen los términos y definiciones de los diversos elementos componentes de puertas y ventanas empleadas en la construcción:

- Premarco (1): conjunto de los elementos fijos que eventualmente se colocan entre una ventana o una puerta y el vano, para facilitar sus fijaciones.
- Marco (2): conjunto de elementos fijos de una ventana o puerta, que quedan en contacto con un premarco o con una pieza de unión.
- Bastidor (3): conjunto de elementos sin paneles que constituyen la estructura, tanto de las partes fijas como móviles de una ventana o puerta y que quedan dentro del marco.

- Panel (4): pieza de relleno o de enchape en un bastidor.
- Hoja (5): Elemento con bastidor o sin él, al que se le puede adicionar uno o más paneles y que forma parte de una ventana o puerta.
- Larguero o montante (6): cada uno de los elementos laterales de una hoja de ventana o puerta.
- Batiente (7): parte de una hoja que solapa o monta sobre un marco, un bastidor fijo u otro batiente.
- Durmiente (8): parte inferior de un marco que recibe al batiente inferior de una hoja de ventana o al zócalo de una hoja de puerta.
- Travesaño (9): cada uno de los elementos horizontales de los marcos de una ventana o puerta. En el caso de carpintería de madera, se suele llamar cabezal al travesaño superior de los marcos de puertas y ventanas.
- Término permisible: cabezal, para el caso del travesaño superior de los marcos de puertas y ventanas en carpintería de madera.
- Mullion (10): en carpintería de aluminio y PVC, elemento independiente, generalmente de forma especial, que sirve de refuerzo y unión entre sus diferentes componentes.
- Botagua: pieza horizontal colocada en el travesaño inferior de un marco de una hoja, con el fin de evitar las filtraciones de agua.
- Gotero: pieza horizontal colocada en el travesaño superior de un marco, con el fin de evitar filtraciones de agua.
- Bellote (11): pieza de pequeña sección, que divide los bastidores o marcos, para permitir la subdivisión de los paneles.
- Junquillo o moldura (12): pieza de pequeña sección que sirve para fijar los paneles al bastidor o marco.
- Herrajes (13): accesorios utilizados como elementos de enlace, cierre, movimiento o maniobra de una ventana o puerta.
- Peinazo (14): pieza horizontal que forma parte o divide los bastidores de las hojas.
- Jamba (15): pieza de remate destinada a ocultar la unión entre el marco y el muro o entre dos componentes de la carpintería.
- Taco (16): pieza especial de remate de la jamba con el piso, en la carpintería de madera (figura 8.15).

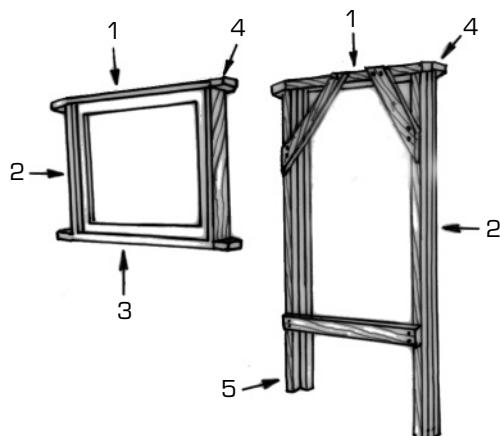
Clasificación de puertas

Las puertas se emplean en los edificios; varía desde una puerta interior en una vivienda o una puerta exterior de vivienda al borde de la calle y se utiliza con cuidado.

Una puerta de entrada de una tienda es aquella que está en constante uso, por las personas que están poco incentivada a utilizarla con cuidado y que puede ser traspasada con objetos voluminosos o con carretillas; lo anterior supone un amplio espectro de utilización pero, por razones

prácticas, este abanico de posibilidades puede ser cubierto por las cuatro clases de prestación:

Clase	Categoría de servicio	Descripción
1-2	Servicio ligero-medio	Baja frecuencia de uso con cuidado, por propietarios de casas privadas, donde se dan en pocas ocasiones accidentes o mal uso.
2-3	Servicio medio-pesado	Frecuencia media de uso, principalmente, con cuidado, donde se dan, en algunas ocasiones, accidentes o mal uso.
3-4	Servicio pesado-severo	Frecuencia media de uso, principalmente, con cuidado, donde se dan, en algunas ocasiones, accidentes o mal uso.
4	Servicio severo	Sujeto a un uso frecuente y violento.



Marco de ventana	Marco de puerta
1- Cabezal	1- Cabezal
2- Languero	2- Languero
3- Mainel	3- Cocotera
4- Cocotera	4- Arrastre

Fig. 8.15 Marcos de puerta y ventana.

Clasificación de las ventanas

Como se conoce, las ventanas se emplean con el fin de iluminar, ventilar y dar visión a los locales de cualquier edificación, por lo que se clasificarán de acuerdo con su sistema de apertura y las diferentes clases de ventanas, así como las variaciones dentro de cada una de ellas, que se indican a continuación:

- Ventanas fijas: carecen de partes practicables
- Ventanas abatibles: de hojas practicables por rotación alrededor de un eje fijo vertical u horizontal, situado a lo largo de sus montantes de borde o travesaños

- Ventanas giratorias: practicables, alrededor de un eje fijo vertical u horizontal, que pasa por dos bordes de la hoja no situado en los extremos
- Ventanas deslizantes: de hojas practicables por traslación horizontal o vertical en su propio plano. Eventualmente de una hoja
- Ventanas de movimiento compuesto: aquellas cuyas hojas son practicables en rotación y traslación simultáneas

Propiedades

La colocación de la puerta o ventana en el vano debe cumplir con las propiedades para las cuales fue diseñada, independientemente de sus respectivos materiales y del procedimiento utilizado en la fijación; ellas son:

- Resistencia mecánica
- Compatibilidad entre los materiales de la puerta o ventana y del vano
- Permeabilidad al aire
- Estanqueidad al agua
- Comportamiento térmico y acústico
- Antivibración

Medidas de protección

Para las puertas y ventanas, se consideran las medidas de protección durante su almacenamiento, así como su transportación, como sigue:

- Almacenamiento:
 - Se colocarán de forma vertical
 - Separadas unas de otras
 - Colocadas a escuadras para evitar su deformación
 - En almacén, bajo techo sobre piso nivelado
- Transportación:
 - En camiones planchas
 - Debidamente protegida la carga
 - Tapadas las piezas con lonas

Usos

No hay un solo proyecto de construcción, donde no se utilicen puertas y ventanas para el cierre de locales de cualquier tipo; por lo que mencionaremos algunos de los usos en:

- Viviendas
- Escuelas

- Industrias
- Hospitales
- Almacenes
- Teatros
- Estadios deportivos
- Iglesias
- Hoteles
- Cabañas

8.2.2 Terminaciones con pintura

Las pinturas son mezclas líquidas empleadas para dar color, brillantez y belleza a las superficies, que propician una terminación agradable a la vista.

Características

Las pinturas que se emplean en la construcción presentan características que las distinguen de otras, como son:

- Están formadas por pigmentos y aglutinantes
- Tienen función decorativa e higiénica
- Protectora de superficie
- Protege contra los microorganismos o contra el fuego, según el tipo

Clasificación

Las pinturas están formadas por diferentes componentes, donde cada uno de ellos cumple una función específica; se clasifican atendiendo a cada tipo de componente en:

- Pintura de agua: deberá estar compuesta de aguas puras, pigmentos y aglutinantes; como puede ser de cal, de cola, de caseína y emulsionadas.
- Pintura de aceite: compuesta por aceites vegetales (linaza, ricino, madera); se les añaden los pigmentos. Se caracterizan por su brillo y viscosidad.
- Pintura anticorrosiva: se puede preparar con minio de plomo, con aceite de linaza y aguarrás como diluyente. También se emplean las bituminosas o asfálticas y las resistentes a los ácidos y álcalis con resinas plásticas como las epoxídicas.
- Pintura cementosa: se prepara dosificando materias primas muy específicas, para lograr una homogenización y finura ideal. Se envasan en

bolsas, con sus correspondientes especificaciones de uso, así como la adición de agua controlada.

- Barnices: soluciones de sustancias compuestas por resinas, gomas o ceras, disueltas en aceites secantes y pueden tener disolventes volátiles (barnices al alcohol, al aceite y de nitrocelulosa).
- Esmaltes: compuestos de pigmentos con un barniz; proporcionan colores brillantes y pueden emplearse en interiores y exteriores.

Existen también **pinturas ignifugas** (resistentes al calor), **pinturas de señalización y luminosas**.

Propiedades

Las propiedades de las pinturas difieren con relación a otros productos y se refieren a continuación:

- Color: el factor fundamental es el pigmento, que permite una mayor o menor intensidad y brillo.
- Rendimiento: es la capacidad para cubrir un área determinada y ocultar el color del fondo.
- Inflamabilidad: capacidad que tiene una pintura seca de arder.
- Adherencia: capacidad de unirse a la superficie sobre la que se aplica
- Impermeabilidad: capacidad de no dejar pasar el agua a la superficie sobre la cual se aplica.
- Durabilidad: no deteriorarse la superficie donde se aplica, por un tiempo determinado.

Medidas de protección

Las pinturas deberán ser protegidas, desde su proceso de fabricación hasta la utilización en el lugar donde sean aplicadas. En la fábrica se identificarán los tipos de pinturas, de acuerdo con las especificaciones siguientes:

- Se envasarán en potes plásticos
- Identificados con la marca correspondiente
- Señalizados con el nombre comercial
- Señalizados con el color, rendimiento y uso
- Se especificarán sus componentes

Usos

La gama de pintura cada vez es mayor, por lo que es utilizada en diferentes tipos de trabajos; sobre todo, en las construcciones; algunos de sus usos más frecuentes son:

- Se utilizará el tipo de pintura según el lugar donde va a ser aplicada
- Se considerará si va a ser en interiores o exteriores.
- En exteriores, se puede aplicar pintura de agua (figura 8.16).
- Tanto en interiores, como en exteriores se puede aplicar pintura de vinil (figura 8.17).
- En carpintería de madera y metales se aplicarán barnices y esmaltes.
- En la aplicación de pinturas cementosas la superficie debe estar bien mojada.
- En el resto de las pinturas la superficie debe estar seca, limpia de polvo y otras suciedades; se debe aplicar cepillo hasta lograr una superficie lisa.
- El tipo de pintura que se emplee estará en función del elemento que se vaya a pintar.

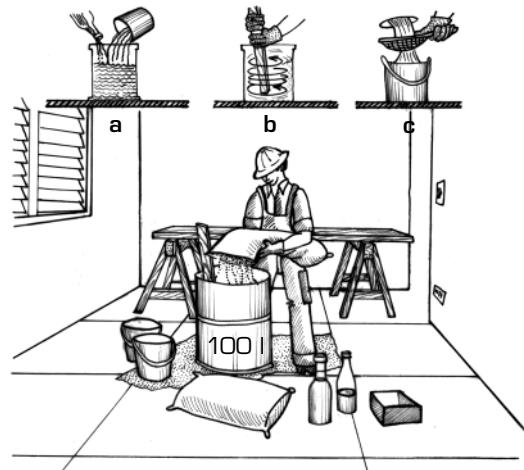


Fig. 8.16 Preparación de pinturas de agua.

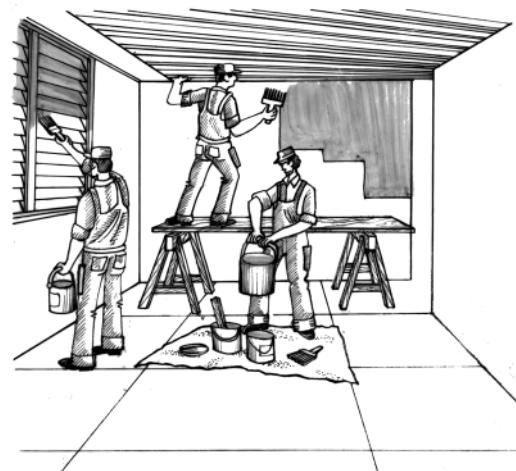


Fig. 8.17 Aplicación de pinturas de aceite y vinil.

8.2.3 Terminaciones con vidrio

Los vidrios son materiales muy empleados en las construcciones modernas; se obtienen mediante la fusión de elementos químicos muy específicos, y resultan un material duro, transparente, frágil y resistente.

Características

Los vidrios son materiales que presentan características muy específicas y se señalan a continuación:

- Su fabricación industrial data del siglo xix, y su empleo es muy amplio en este momento.
- Se fabrica con materias primas especiales como el cuarzo, arenas silíceas, caliza, mármol, así como sulfatos.
- Según el tipo de vidrio se aplican aditivos, para mejorar sus propiedades.
- Según el producto que se quiera obtener, se emplearán líneas de producción variadas, que difieren en su proceso.

Clasificación

Por las características específicas y especiales de los vidrios, se clasificarán considerando:

- Su composición química y pueden ser:
 - Cálcico sódico, ej. vidrios de ventana
 - Cálcico potásico, ej. cristalería fina, muy transparentes
 - Plumbico potásico, ej. objetos artísticos brillantes
- Su forma y pueden ser planos como:
 - Lunas (caras paralelas y visibilidad plana)
 - Vidrios ordinarios (para ventanas, cuadros y mesas)
 - Existen otros como los vidrios de seguridad, armado, cristal templado, de colores etcétera, con usos específicos

Propiedades

Las propiedades que garantizan las ventajas para su empleo en las construcciones son:

- Resistencia
- Densidad aparente
- Dureza
- Conductividad electricidad y flexibilidad

- Resistencia al desgaste
- Transparencia
- Fragilidad

Medidas de protección

Los vidrios deberán protegerse por su fragilidad durante el almacenamiento y transportación, considerando las variedades de productos que se fabrican, pues difiere mucho la protección y embalaje según el tipo de elemento de que se trate.

Usos

En las construcciones se emplean los vidrios en diferentes tipos de terminaciones y en dependencia de estas relacionamos algunas como:

- Ventanales (figura 8.18)
- Puertas
- Fachadas de edificios
- Bloques y baldosas ornamentales
- Cubiertas en forma de claraboyas
- Paneles de exposición
- Cubiertas de mesas

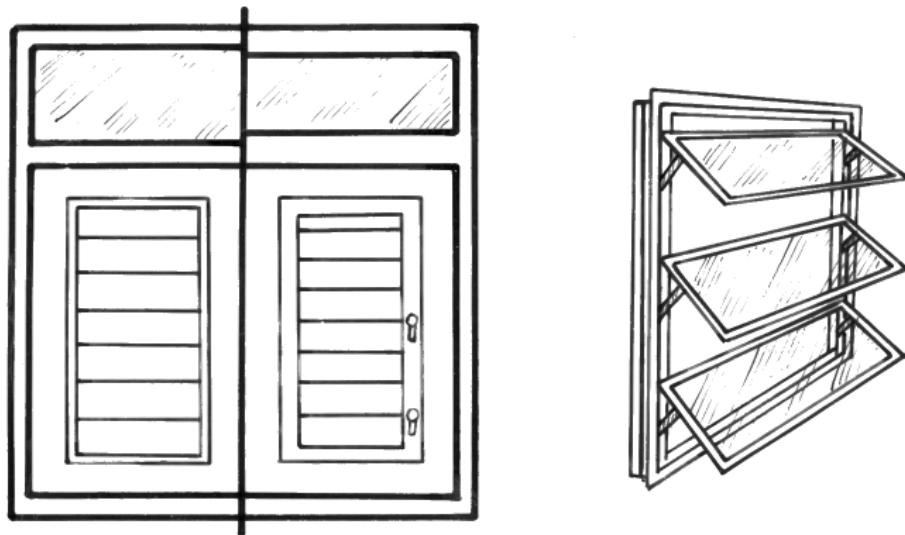


Fig. 8.18 Empleo del vidrio en ventanas.

8.3 Productos para áreas exteriores

Al igual que en el capítulo anterior, se abordarán otros procesos como el de las diferentes áreas exteriores que rodean las edificaciones; donde se tratarán las más importantes y comprenden las que a continuación citamos:

- Redes exteriores
- Viales
- Asfalto
- Hormigón asfáltico
- Áreas verdes

8.3.1 Redes exteriores

Las áreas exteriores de las instalaciones están formadas por sus vías de acceso; es necesario que dichas áreas correspondan con los requisitos que requiere el proyecto (figura 8.19).

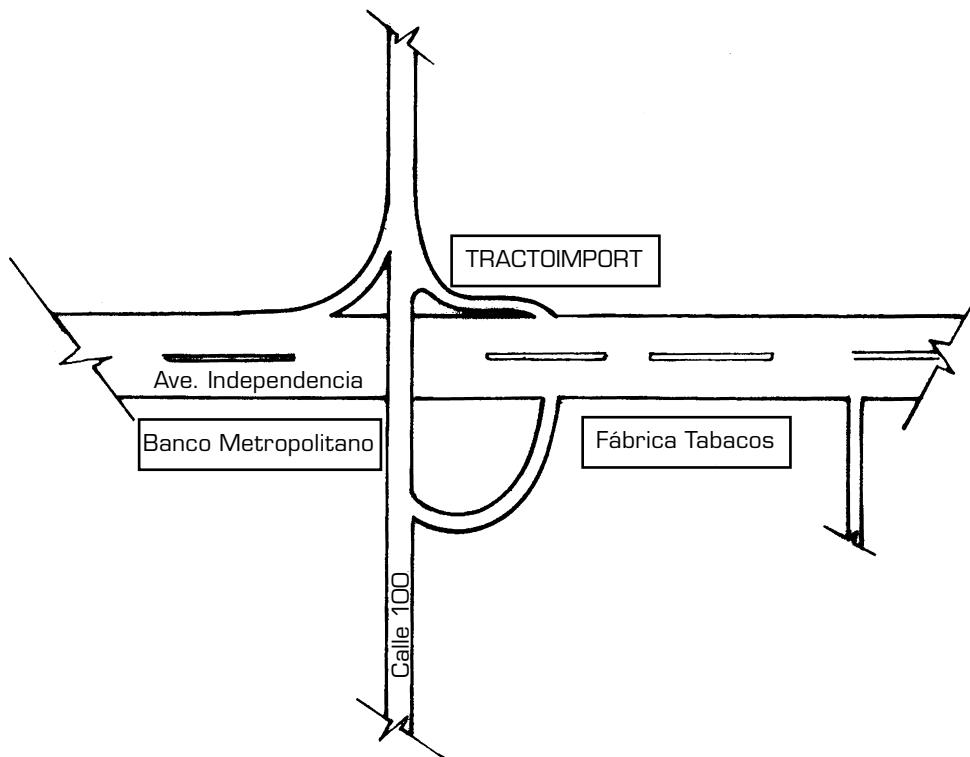


Fig. 8.19 Redes exteriores según proyecto de la calle 100 y Boyeros.

Características de las redes

- Facilitan el acceso, la ventilación y la protección de ruidos y efectos exteriores
- Su conservación deberá aparecer señalada en la tarea técnica del proyecto
- Se requiere de un personal especializado para estos trabajos
- Su mantenimiento es necesario para revitalizarlas

Clasificación

La clasificación de las áreas exteriores se agrupa, considerando su importancia en la edificación, así como el acceso a ellas, como sigue:

- Aceras: vías de acceso a la edificación
- Pasillos: rodean exteriormente la edificación y protegen su exterior
- Patios: áreas descubiertas e interiores; pueden ser de uso común o privado (en edificios o casas particulares)
- Jardines: los jardines deben proteger los locales contra la radiación solar, los ruidos, el polvo y las sustancias tóxicas; además, ofrecen privacidad y vinculan la edificación con el exterior

Medidas de protección

En el caso de aceras y pasillos se cuidarán de roturas y trasiego de equipos pesados, que afecten su resistencia; se aplicarán las medidas de protección siguientes:

- En patios se considerará:
 - Evitar obstrucciones que produzcan tupiciones, que los inunde
 - No deberán techarse, pues esto impide la entrada del aire y la luz
- En jardines se considerará:
 - Sembrar árboles (si hay suficiente espacio)
 - Evitar arbustos que no permitan la entrada de ventilación
 - Emplear césped con terminaciones de losetas, hormigón o gravilla

Usos

Los usos más frecuentes de las áreas exteriores están ampliamente identificados; se relacionan algunos de ellos:

- Aceras: acceso directo a las edificaciones
- Pasillos: su empleo más general es en las viviendas u obras sociales, para comunicar un objeto con otro

- Patios: su uso fundamental es para el descanso, recreación, servicios de lavado y otros
- Jardines: su empleo tiene como objetivo la privacidad en las edificaciones, así como vincularlas entre sí y la protección contra ruidos, polvo y radiaciones

8.3.2 Viales para áreas exteriores

Los viales son las superficies con formas y dimensiones especiales, para facilitar el desplazamiento de los vehículos automotores a variadas distancias (figura 8.20).

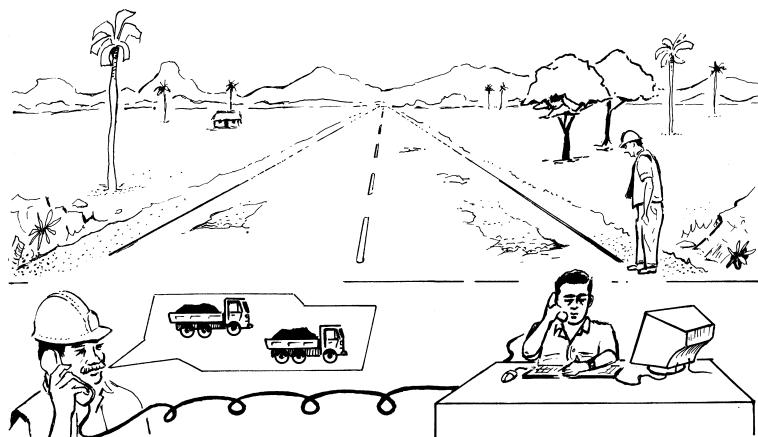


Fig. 8.20 Viales para facilitar el desplazamiento de vehículos.

Características

Las superficies de los viales tienen como características, que están acondicionadas para que puedan garantizar:

- Condiciones y seguridad durante el traslado de los vehículos
- El camino no deberá sufrir deterioros en plazos determinados
- Resistir las cargas que deben soportar
- Resistir los efectos de humedad sin perder la estabilidad

Clasificación

Se propone clasificar los viales, según el proceso de ejecución y la función a que se destinan, en cuatro partes del proceso:

- Subbase: capa de pavimentación situada, a veces, bajo la base; a través de ella se transmiten al terreno las cargas del tráfico

- Pavimento: estructura estratificada y sustentada por el terreno, que forma la superficie de apoyo en una carretera, pista de aeropuerto o estacionamientos de vehículos
- Pavimento rígido: pavimento en que una de sus capas se compone de hormigón armado
- Pavimento flexible: cualquier tipo de pavimento donde no se utilice hormigón armado, pero sí hormigón asfáltico

Funciones

El objetivo principal de los proyectos viales es el de construir carreteras, para que unan diferentes distancias que deben recorrer los vehículos entre localidades; se relacionan sus funciones a continuación:

- Resistir las cargas según el diseño (tener estabilidad)
- No presentar penetración de humedad
- Tener buena cohesión para evitar el desgaste de la superficie
- Superficie lisa que facilite el desplazamiento
- Rodadura antideslizante para un mayor control del vehículo

Protección

Las construcciones viales sirven para trasladarse de un lugar a otro, por lo que es necesario protegerlas de las posibles grietas o hundimiento del suelo, que se presentan con el tiempo y se les debe dar un mantenimiento planificado sistemáticamente.

Usos

Para el uso de los viales se necesita utilizar materiales y productos, desde la base inicial hasta la pavimentación; se presentan a continuación:

- Material de relleno
- Áridos (piedras y arenas)
- Polvo de cantera
- Cemento asfáltico
- Hormigón asfáltico en caliente (altas temperaturas)
- Hormigón asfáltico en frío
- Hormigón armado

8.3.3 Asfalto

Se define como asfalto, las sustancias de color oscuro que pueden ser: líquidas, semisólidas, o sólidas; que proceden de forma natural o derivadas del petróleo.

Características

Dentro de las características más relevantes de los asfaltos podemos citar las que se relacionan a continuación:

- Composición de hidrocarburos solubles en sulfuro de carbono
- Proceden en su mayoría de yacimientos naturales, tales como fuentes, lagos y en rocas
- Pueden obtenerse, también, por la destilación de determinados crudos del petróleo

Clasificación

La clasificación más general del asfalto, teniendo en cuenta su obtención natural o por destilación, se propone como sigue:

- Betún: mezcla de hidrocarburos de origen natural y acompañados de sus derivados no metálicos. Pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y solubles en sulfuro de carbono
- Betún asfáltico: compuesto natural preparado a partir de hidrocarburos naturales o por destilación u oxidación, con bajos contenidos de productos volátiles, con propiedades aglomerantes y solubles
- Asfalto: mezcla natural o mecánica en la que los betunes están como materia mineral inerte

Los asfaltos naturales se obtienen en diferentes lugares de la tierra; pueden ser muy puros o formando parte de la roca; además, los obtenidos a partir del petróleo son: cemento asfáltico, asfalto diluido de rápido, medio y lento curado.

Propiedades

Para comprobar las propiedades del asfalto, es necesario realizarle ensayos que coinciden con el nombre de las mismas y otros como: la viscosidad, el reblandecimiento, la penetración, la ductilidad y la fragilidad.

- Peso específico
- Calor específico
- Dilatación térmica
- Conductividad calorífica
- Propiedades eléctricas

Medidas de protección

Las medidas de protección del asfalto están relacionadas con su almacenamiento y transportación; ellas son:

- Se almacenarán en tanques debidamente identificados
- Los tanques deberán estar calibrados para conocer su procedencia, cantidad y calidad del producto
- Se medirá la temperatura del asfalto, cuando se empleé para mezclas en caliente
- Durante la transportación, se tendrán en cuenta medidas similares, según el caso

Usos

Los distintos tipos de asfalto, se emplean en las mezclas en frío o en caliente de hormigones asfálticos, según lo requiera el tipo de pavimento; como se observa a continuación:

- Aglomerante asfáltico: se emplea para unir los áridos formando un material coherente para pavimentar.
- Imprimación asfáltica: material líquido de baja viscosidad, que se aplica en superficies que se someterán a trabajos posteriores de pavimentación.

8.3.4 Hormigón asfáltico

El hormigón asfáltico es el resultado de la mezcla de cementos asfálticos y áridos en proporciones adecuadas; requieren de un proceso de mezclado, en frío o en caliente, según el tipo de obra vial que se va a ejecutar.

Características

A diferencia del hormigón hidráulico, que emplea agua para hacer reaccionar al cemento hidráulico, el hormigón asfáltico utiliza el calor; además, se relacionan otras características importantes como:

- Pueden realizarse con diferentes tipos de cementos asfálticos, según su calidad
- La mezcla de áridos deberá cumplir con una graduación específica
- La dosificación se realizará, según las especificaciones y el tipo de planta
- Se pueden preparar mezclas en frío y en caliente (figura 8.21)

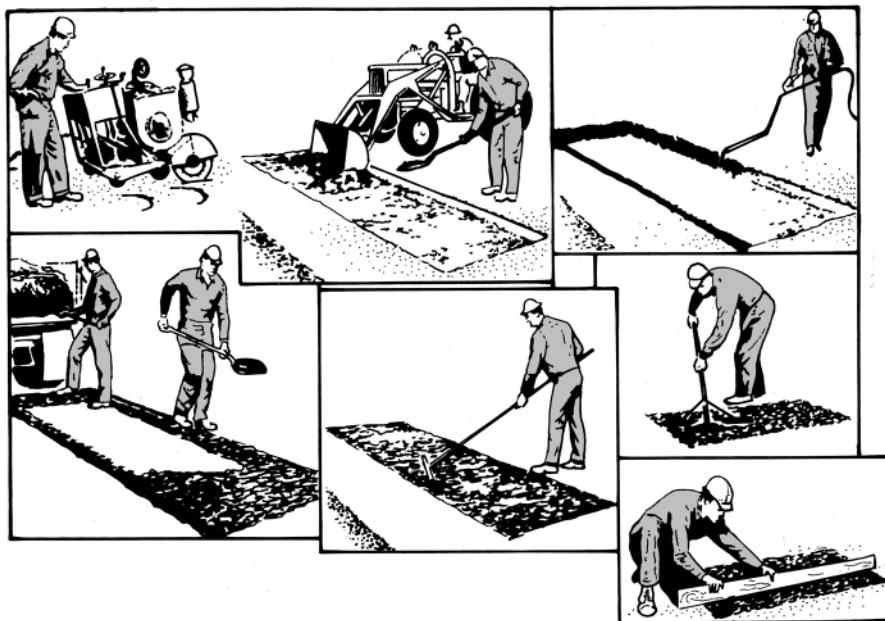


Fig. 8.21 Hormigón asfáltico en frío para bacheo.

Clasificación

De acuerdo con las características observadas en el hormigón asfáltico, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Hormigón asfáltico en frío: se prepara con los aglomerados (áridos), mezclados a temperatura ambiente, conjuntamente con el ligante (asfalto).
- Hormigón asfáltico en caliente: se prepara con los aglomerados (áridos), calentados a altas temperaturas. El ligante (asfalto) se añade en caliente, si es un betún y en frío, si es una emulsión.

Propiedades

Las propiedades más comunes que podemos encontrar en los hormigones asfálticos son las siguientes:

- Estabilidad: resistir sin sufrir deformaciones
- Docilidad: facilidad para la colocación
- Durabilidad: deberá ser capaz de tener una buena cohesión, que resista el tiempo sin desmoronarse la mezcla
- Impermeabilidad: no permitir el paso del agua, ni de líquidos en general

Medidas de protección

Tanto en la preparación de estos tipos de hormigones asfálticos (en frío o en caliente), así como en su colocación, se tomarán medidas esenciales para su preparación y puesta en obra, como son:

Preparación

- Análisis de cada material componente del hormigón y su dosificación
- Serán mezclados los materiales debidamente, tanto en el hormigón en frío como en caliente. El asfalto y los áridos deberá incorporarse con temperaturas entre 135 °C-165 °C (en el caliente)
- Todo este proceso se controla en la planta (contempla; tiempo de mezclado, temperatura y vaciado a los camiones)

Transportación

Medidas que se deben tomar para su trasportación:

- El área de carga y tránsito de los camiones estará libre y visible
- Los camiones no presentarán salideros
- La carga deberá ir tapada con encerados, para mantener la temperatura de la mezcla (en el hormigón en caliente)
- El tiempo de carga y transportación no excederá de 4

Usos del hormigón

El uso de los hormigones asfálticos va dirigido a los viales, para facilitar el desplazamiento de los vehículos automotores a variadas distancias.

Tipos de hormigones asfálticos:

- Hormigón asfáltico en frío: para realizar el bacheo de calles, avenidas, parqueos y carreteras en general.
- Hormigón asfáltico en caliente:
 - Para pavimentación de calles, avenidas, parqueos y carreteras en general.
 - Para la pavimentación de puentes, y pistas de aeropuertos.

8.3.5 Áreas verdes

Las áreas verdes tienen la función de proteger los locales contra la radiación solar, ruidos, polvo, etc. Además de proporcionar, belleza y confort exterior a las edificaciones, al crear un ambiente acogedor.

Características

Las características fundamentales de las áreas verdes, tanto para obras de edificaciones como civiles, las relacionamos a continuación:

- Vinculación de la edificación con el medio exterior
- Integración al contexto urbano de forma agradable (figura 8.22)
- Facilitan el acceso, la ventilación y la protección del exterior

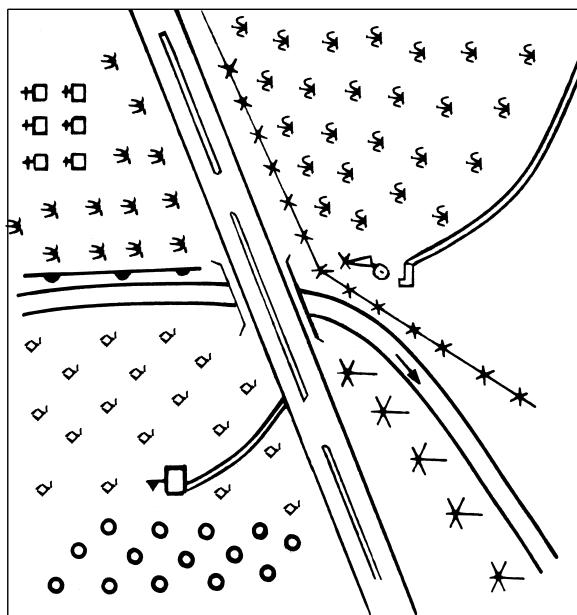


Fig. 8.22 Áreas verdes en integración con el contexto urbano.

Clasificación

Existen diferentes clasificaciones para las áreas verdes, de acuerdo con su estética; por lo que se proponen las siguientes:

- Vegetación alta. Ejemplo: árboles (framboyán amarillo)
- Vegetación media. Ejemplo: arbustivos (adelfa)
- Vegetación baja. Ejemplo: coberturas floridas (Vicaria, Embeleso, etcétera)
- Césped: hierba menuda y tupida que cubre la base de los jardines
- Ejemplo: Grama, hierba fina, bahama, Acapulco, etcétera

Medidas de protección

Las áreas verdes deben ser mantenidas y protegidas, de acuerdo con su variedad y condiciones de siembra y reproducción; para ello, se deben emplear medios y utensilios propios de la actividad (figura 8.23).

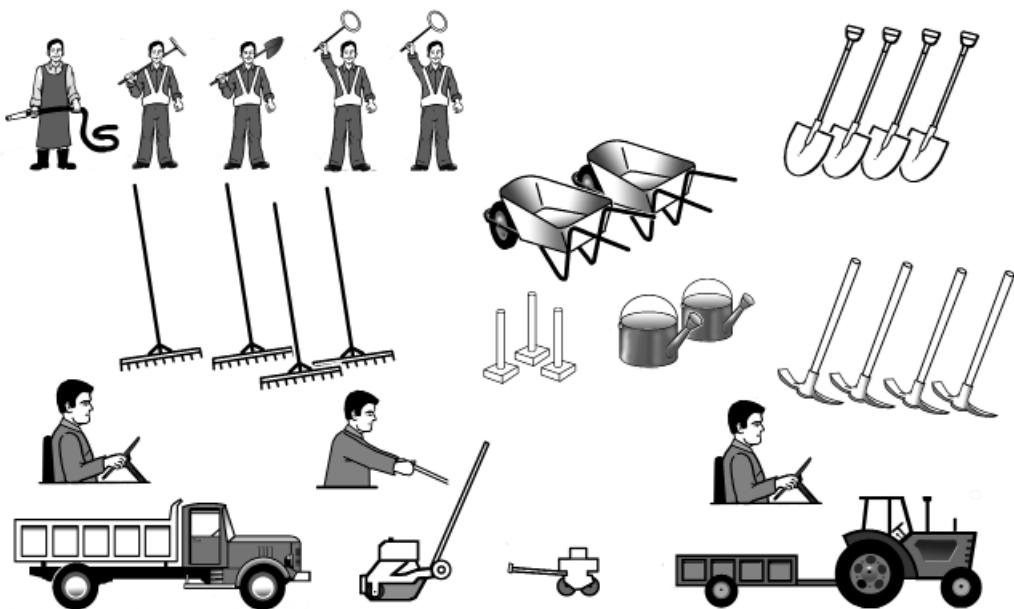


Fig. 8.23 Medios y utensilios para el mantenimiento de las áreas verdes.

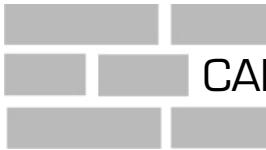
En las edificaciones de viviendas, hospitales, industrias, áreas recreativas etc., se aplicarán métodos de atención y mantenimiento sistemático, según el tipo de:

- Planta que se siembre
- Suelo donde se ubique
- Raíces y profundidad
- Crecimiento de la planta
- Altura
- Tipo de mantenimiento que requiera la misma

Usos

Las áreas verdes se emplean, generalmente, en zonas exteriores y en ocasiones en interiores; se exponen algunas zonas más comunes a continuación:

- Viviendas
- Escuelas
- Zonas de industrias
- Parques
- Lugares de recreación
- Monumentos históricos



CAPÍTULO 9

Productos químicos para la construcción

Desde 1995 comenzó en Cuba la fabricación y comercialización de productos químicos de alta tecnología, para la construcción; en su elaboración se incluyen:

- Morteros especiales
- Aditivos para morteros y hormigones hidráulico
- Tratamientos superficiales para el hormigón
- Productos epóxicos
- Materiales para sellos de juntas
- Adhesivos para cerámicas
- Tratamientos impermeables
- Materiales accesorios

Todos estos productos químicos cuentan con el documento de idoneidad técnica (DITEC), otorgado por el MICONS de Cuba.

Importantes empresas cubanas han aplicado exitosamente los productos relacionados anteriormente en centenares de obras en todo el territorio nacional, dentro de ellas se exponen algunas de las más importantes:

- Cubierta del salón de protocolo del aeropuerto José Martí, en La Habana
- Cubiertas de obras varias en Cienfuegos, Trinidad y cayo Santa Lucía
- Cisterna y piscina en el hotel Panorama
- Memorial José Martí, en La Habana
- Hoteles en la playa de Varadero, en Matanzas

9.1 Morteros especiales

Dentro de los Morteros especiales se encuentran:

- PLUG: mortero hidráulico de fraguado ultrarrápido:
 - Campo de aplicación: sella filtraciones o vías de agua a presión, de grietas en hormigón, en uniones muro-piso, muro-muro, en pasantes de tubos y en estructuras de depósitos de agua.

- Rendimiento: 600 cc/kg-1,7 kg/L
 - Presentación: tineta de 15 kg
- REPAR: mortero restaurador de fraguado rápido para hormigonado y albañilería:
 - Campo de aplicación: restauración de losas, vigas, columnas, techos, elementos estructurales de hormigón y albañilería: reparación de grietas y restauraciones previas a la impermeabilización de estructuras
 - Rendimiento: 600 cc/kg-1,7 kg/L
 - Presentación: saco de 20 kg
- NIVEL: mortero autonivelante para reparaciones de bajo espesor:
 - Campo de aplicación: nivelar o alisar pisos de hormigón que serán recubiertos con cerámicas, alfombras, revestimientos acrílicos o epóxicos, pisos plásticos etc
 - Rendimiento: 4 m² en un espesor de 3 mm
 - Presentación: saco de 20 kg
- FS GROUT FLUID 100: material cementicio de alta fluidez y precisión:
 - Campo de aplicación: se aplica como mezcla para base de maquinarias; requiere de resistencia, precisión y rápida puesta en marcha, así como de reparaciones urgentes
 - Rendimiento: 1 saco de 20 kg rellena 12 L, 1 m³ requiere 85 sacos de 20 kg
 - Presentación: saco de 20 kg
- FS STRUCTURAL: morteros para reparaciones estructurales permanentes de hormigón:
 - Campo de aplicación: reparaciones estructurales de pisos, losas de hormigón, columnas, autopistas, pistas aéreas, garajes y almacenes, que requieran alta resistencia y rápida puesta en servicio.
 - No requiere de aditivos ni puentes de adherencia, y se puede utilizar en bajos y altos espesores
 - Rendimiento: 1 saco de 20 kg rellena 10,5 L, 1 m³ requiere 95 sacos de 20 kg
 - Presentación: saco de 20 kg
- STRUTURAL V/O: mortero trixotrópico para reparaciones estructurales verticales y sobre cabeza:
 - Campo de aplicación: reparaciones estructurales de muros, losas de hormigón, columnas, techos y otras estructuras de hormigón: horizontales, verticales o sobre cabeza

- No requiere de aditivos ni puentes de adherencia, y se puede utilizar en bajos y altos espesores
- Rendimiento: 1 saco de 20 kg rellena 10,5 L, 1 m³ requiere 95 sacos de 20 kg
- Presentación: saco de 20 kg

9.2 Aditivos para morteros y hormigones hidráulicos

Dentro de los aditivos para morteros y hormigones hidráulicos se encuentran:

- **FUGO**: aditivo impermeabilizante:
 - Campo de aplicación: impermeabiliza morteros y hormigones para cimentaciones, estanques, canales y cualquier estructura que requiera impermeabilidad. Se emplea también en estucos de recintos húmedos
 - Rendimiento: en hormigones la dosis es 1 %, en relación con el peso del cemento y en morteros la dosis depende de la proporción arena-cemento, que oscila desde 13 L/m³ a 18,5 L/m³
 - Presentación: bidón de 1 L, bidón de 20 L y tambor de 200 L
- **ACRYL**: aditivo líquido que mejora las propiedades de las mezclas cementosas:
 - Campo de aplicación: aumenta la adherencia, trabajabilidad, flexibilidad, resistencia e impermeabilidad de las mezclas cementosas cal y yeso y disminuye las fisuras por retracción como: aditivos en impermeabilizantes cementosos, puente de adherencia en estucos y morteros de reparación e imprimante para impermeabilización
 - Rendimiento: para morteros y hormigones la dosis de 10 % a 20 %, en relación con el peso del cemento y en morteros especiales la dosis es de 5 %, en relación con el peso del cemento. Como imprimante y lechada de adherencia diluido en agua con proporción 1:1,5 m²/L
 - Presentación: bidón de 1 L, bidón de 5 L, tineta de 20 L y tambor de 200 L
- **RAPID**: aditivo acelerante controlable de fraguado:
 - Campo de aplicación: acelerar el proceso de fraguado y endurecimiento de morteros y hormigones
 - Rendimiento: de 3 %/m² a 10 %/m², en relación con el peso del cemento
 - Presentación: bidón de 1 L, bidón de 5 L, tineta de 20 L y tambor de 200 L

- RAPID SC: aditivo acelerante de fraguado exento de cloruros:
 - Campo de aplicación: acelerar el proceso de fraguado y endurecimiento para hormigones, donde se requiere incrementar la resistencia mecánica, sin inducir corrosión a las armaduras; también, en prefabricados para un rápido desmolde
 - Rendimiento: de 0,5 L a 3 L/100 kg de cemento
 - Presentación: bidón de 1 L, bidón de 5 L, tineta de 20 L y tambor de 200 L
- FLUID 100: aditivo fluidificante reductor de agua:
 - Campo de aplicación: fabricación de hormigones premezclados, moldeados y estructuras prefabricada; garantiza un aumento de la trabajabilidad y una reducción moderada de la relación agua-cemento
 - Rendimiento: de 0,5 % a 2 %, en relación con el peso del cemento.
 - Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L.
- FLUID 100 R: aditivo fluidificante reductor de agua y retardador de fraguado:
 - Campo de aplicación: fabricación de hormigones premezclados, bombeados y prefabricados, que es necesario transportar a distancia; garantiza un aumento de la trabajabilidad y una reducción moderada de la relación agua/cemento
 - Rendimiento: de 0,5 % a 1,5 %, en relación con el peso del cemento
 - Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L
- FLUID 200: aditivo superfluidificante de alto rango reductor de agua y retardador de fraguado:
 - Campo de aplicación: fabricación de hormigones más homogéneos y cohesivos premezclados, bombeados, pretensazos de alta resistencia inicial y final, que es necesario transportar a distancia, garantizando un aumento de la trabajabilidad y una reducción significativa de la relación agua-cemento
 - Rendimiento: de 1,2 % a 1,7 %, en relación con el peso del cemento
 - Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L
- FLUID 200 R3: aditivo superfluidificante de alto rango reductor de agua y retardador de fraguado:
 - Campo de aplicación: fabricación de hormigones más homogéneos y cohesivos premezclados, bombeados, pretensazos de alta resistencia inicial y final, que es necesario transportar a distancia; garantiza un aumento de la trabajabilidad y una reducción de la relación agua-cemento

Mejora la compactación y aumenta la impermeabilidad; garantiza obtener mayor durabilidad y resistencia. Permite disminuciones de hasta 35 % del agua de amasado y un incremento de la resistencia mecánica, hasta 50 % a 24 horas y 100 % a los 28 días

- Rendimiento: de 1,5 % a 2,0 %, en relación con el peso del cemento
- Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L
- **FIBRAS:** fibras de caprolan para reforzar morteros y hormigones:
 - Campo de aplicación: morteros y hormigones para reducir las fisuras por retracción en el fraguado, con incremento de resistencia e impermeabilidad
 - Rendimiento: de 600 g/m³ de morteros y hormigones
 - Presentación: bolsas de 3 kg y 6 kg

9.3 Tratamientos superficiales para el hormigón

Dentro de los tratamientos superficiales para el hormigón se encuentra:

- **ACID:** limpiador y acondicionador de superficies de hormigones:
 - Campo de aplicación: limpieza y preparación de superficies que vayan a ser reparadas o recibir algún tipo de revestimiento impermeabilizante
 - Rendimiento: de 10 m²/L
 - Presentación: bidón de 1 L, bidón de 5 L, tineta de 20 L
- **MOLD MADERA:** desmoldante para encofrado de madera:
 - Campo de aplicación: desmoldante líquido de alta concentración, facilita la tarea de desmoldar, dejando buena terminación
 - Rendimiento: moldajes de primer uso: 30 m²/L a 40 m²/L, y moldajes de segundo o más uso: 60 m²/L a 100 m²/L.
 - Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L
- **MOLD METAL:** desmoldante para encofrado metálicos, plásticos y madera contrachapada:
 - Campo de aplicación: desmoldante líquido, que facilita la tarea de desmoldar; deja buena terminación y prolonga la vida útil del molde
 - Rendimiento: moldaje metálico: 50 m²/L a 80 m²/L
 - Madera contrachapada primer uso: 15 m²/L a 20 m²/L
 - Madera contrachapada segundo uso: 30 m²/L a 40 m²/L
 - Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L

- CURE E: membrana de curado en base acuosa:
 - Campo de aplicación: curado de superficies de hormigón, losas, pistas, puentes, etc., siempre que no sean muy severas las condiciones del hormigonado (presencia de sol y viento)
 - Rendimiento: de 200 g/m²
 - Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L
- CURE S: membrana de curado en base solvente:
 - Campo de aplicación: curado de superficies de hormigón vertical u horizontal, carreteras, pavimentos, puentes y obras en condiciones severas
 - Rendimiento: de 200 g/m²
 - Presentación: tineta de 20 L y tambor de 200 L
- POLIBOND M: puente de adherencia acrílica:
 - Campo de aplicación: enlucidos de morteros y yeso o estucos de cementos de poco espesor sobre albañilería o tabiques de yeso cartón
 - Rendimiento: de 150 g/m²
 - Presentación: tineta de 20 L
- BAUCEM: pasta para enlucido o estuco:
 - Campo de aplicación: producto acrílico que, mezclado con cemento y agua, forma una pasta homogénea para revestir superficies
 - Rendimiento: de 3 a 5 kg/m² en 1 mm
 - Presentación: tineta de 32 kg
- SELLOFLOOR S: sellador protector base solvente para pisos:
 - Campo de aplicación: sellaje decorativo de superficies extensas de hormigón fresco o endurecido; le da resistencia a la abrasión (desgaste), crea una superficie lisa y no resbalable que facilita la limpieza
 - Rendimiento: de 8 m²/L a 5 m²/L por mano
 - Presentación: tambor de 200 L
- SELLOFLOOR A: sellador protector base acuosa:
 - Campo de aplicación: recubrimiento protector de varios tipos de sustratos en: pisos de morteros u hormigones frescos o endurecidos; le da resistencia a la abrasión (desgaste), crean una superficie lisa y no resbalable que facilita la limpieza
 - Rendimiento: de 10 m²/L a 20 m²/L por mano, en dependencia de las características del sustrato
 - Presentación: tambor de 200 L

9.4 Productos epóxidos

Dentro de los productos epóxidos se encuentran:

- POX UNIÓN: puente de adherencia epóxida:
 - Campo de aplicación: permite la unión monolítica entre el hormigón viejo y el nuevo, en prefabricado, losas, sobre losas, columnas y estructuras de hormigones en general
 - Rendimiento: de 0,3 kg/m² a 0,5 kg/m²
 - Presentación: kit de 1 kg
- POX 31: adhesivo epóxido para anclaje:
 - Campo de aplicación: anclajes de acero, pernos, tirantes de maquinarias, unión de elementos de hormigón, mediante pegado de placas o cintas de acero
 - Rendimiento: de 1,7 kg/m²
 - Presentación: kit de 1 kg
- POX 52: resina epóxida de inyección para reparación de grietas:
 - Campo de aplicación: reparaciones para recuperar las características monolíticas de las estructuras de elementos de hormigón agrietadas, piedras, etcétera
 - Rendimiento: de 1 kg/L
 - Presentación: kit de 1 kg
- POX PAINT: pintura epóxida de revestimiento:
 - Campo de aplicación: revestimiento de pisos y paredes en lugares con agresión química ligera como: almacenes, industrias alimentarias, laboratorios de medicamentos, garajes y talleres automotores, piscinas, etcétera
 - Rendimiento: de 1,2 kg/m² en dos manos
 - Presentación: kit de 1 kg y 25 kg
- EPOXI FLOOR: revestimiento epóxido autonivelante:
 - Campo de aplicación: revestimiento de pisos en lugares con agresión química ligera como: almacenes, industrias alimentarias y lácteas, laboratorios de medicamentos, garajes y talleres automotores, piscinas, etc. Posee una elevada dureza, resistencia al desgaste y a las altas temperaturas
 - Rendimiento: de 1,2 kg/m² en dos manos
 - Presentación: kit de 1 kg y 25 kg

- POX MORTERO 93: mortero de revestimiento epóxido y autonivelante:
 - Campo de aplicación: áreas de protección y envasado de industrias alimentarias, químicas, aérea automotriz, hangares, fabricación y almacenamiento de la industria pesada
 - Rendimiento: de 3 a 6 kg/m² en dos manos
 - Presentación: kit de 1 kg y 25 kg

9.5 Materiales para sellos de juntas

Dentro de los materiales para sellado de juntas se encuentran:

- CRIL: masilla acrílica elástica:
 - Campo de aplicación: sellado de juntas de dilatación y construcción con solicitudes máximas de 10 % del ancho de la junta; grietas no estructurales, encuentros de muros y tabiques interiores con marcos de puertas y ventanas, juntas de lavamanos, bañeras, fre-gaderos, etcétera
 - Rendimiento: de 28 m/kg en juntas de 5 mm x 5 mm
 - Presentación: cartucho de 0,5 kg y tineta de 25 kg
- LASTIC: Masilla elastomérica de poliuretano:
 - Campo de aplicación: sellado de juntas de dilatación y construcción con movimientos máximos de hasta 50 %; grietas activas, juntas entre elementos prefabricados de hormigón, marcos de puertas y ventanas con estructuras de hormigón; sellajes de techo de tejas o planchas metálicas, pasantes de tubos, etcétera
 - Rendimiento: de 6 m en un sellado de 1 cm de ancho por 0,5 cm de profundidad
 - Presentación: cartucho de 0,5 kg
- ROD: cordón de respaldo para sellado de juntas:
 - Campo de aplicación: como relleno base de juntas para ser selladas con LASTIC o CRIL
 - Presentación: rollos de 550 m
- JUNTAS: juntas de PVC para dilatación y hormigonado:
 - Campo de aplicación: juntas de dilatación, construcción o de trabajo, incluidas aquellas sometidas a presión de agua; absorbe los movimientos e impide filtraciones en estanques
 - Presentación: rollos de 15 m

9.6 Adhesivos para cerámicas

Dentro de los adhesivos se encuentran:

- CERAMIC: adhesivo en polvo para cerámicas y azulejos:
 - Campo de aplicación: colocación de cerámicas y azulejos sobre superficies de hormigón, mortero, muros de albañilería, losas, pisos y paredes
 - Rendimiento: de 4 kg/m² a 5 kg/m²
 - Presentación: saco de 25 kg
- CERAMIC PLUS: adhesivo en polvo flexible para cerámicas y azulejos:
 - Campo de aplicación: colocación de cerámicas, azulejos, mármol, porcelanas, incluidos los de gran formato sobre varias superficies
 - Rendimiento: de 3 kg/m² a 5 kg/m²
 - Presentación: saco de 25 kg
- CERAMIC AC: adhesivo en polvo para cerámicas y azulejos:
 - Campo de aplicación: colocación de cerámicas y azulejos sobre superficies de hormigón, mortero, estuco, paneles de yeso cartón, madera y fibrocemento
 - Rendimiento: de 3 kg/m² a 4 kg/m²
 - Presentación: tineta de 25 kg
- CERAMIC FRAGÜE: sellado de junta para cerámicas y azulejos:
 - Campo de aplicación: sellos para baños, cocinas, pisos, paredes. Sellos de juntas en mármol, piedras y pisos en general. El ancho de la junta será no mayor de 2,5 mm
 - Rendimiento: de 0,2 kg/m² a 0,4 kg/m²
 - Presentación: bolsa de 25 kg

9.7 Tratamientos para impermeabilizar

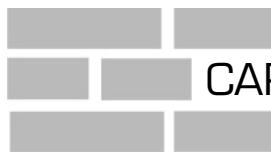
- SEAL: impermeabilizante superficial en base a cemento:
 - Campo de aplicación: impermeabilización de superficies rígidas de hormigón y albañilería, estanques de agua, paredes con presencia de humedad y muros sometidos a presiones hidrostáticas negativas
 - Rendimiento: de 1 m² por mano
 - Presentación: bolsa de 20 kg
- SEAL FLEX: impermeabilizante cementicio polimérico flexible:
 - Campo de aplicación: impermeabilización de cubiertas, estanques de agua, piscinas, jardineras, pisos de baños, cocinas, etcétera

- Rendimiento: de 2 kg/m² en 1 mm de espesor
 - Presentación: kit de 29 kg (componente A + B)
- POLFLEX: impermeabilizante polimérico elástico:
 - Campo de aplicación: impermeabilización de cubiertas y superficies de cualquier tipo estructural, incluidas las prefabricadas, terrazas, jardineras, pisos de baños y otras zonas húmedas
 - Rendimiento: de 2 kg/m² a dos manos
 - Presentación: tineta de 20 kg
- POLFLEX F: impermeabilizante polimérico elástico fibroreforzado:
 - Campo de aplicación: impermeabilización de cubiertas y superficies de cualquier tipo estructural, incluidas las prefabricadas, terrazas, jardineras, pisos de baños y otras zonas húmedas
 - Rendimiento: de 2 kg/m² en dos manos
 - Presentación: tineta de 20 kg
- SILPROOF: pintura impermeable decorativa flexible:
 - Campo de aplicación: tratamiento impermeable decorativo de muros o elementos de hormigón, albañilería, ladrillos, bloques, etcétera
 - Rendimiento: de 4 m²/kg a 5 m²/kg por mano
 - Presentación: tineta de 20 kg
- BAUSIL A: hidrorrepelente transparente de base acuosa
 - Campo de aplicación: protección e impermeabilización de piedras naturales, elementos de cerámica roja y otros elementos constructivos que se desee conservar su aspecto original
 - Rendimiento: de 4 m²/kg a 5 m²/kg por mano
 - Presentación: tineta de 20 kg
- BAUSIL S: hidrorrepelente transparente en base solvente
 - Campo de aplicación: protección e impermeabilización de elementos de hormigón, albañilería, ladrillos a cara vista, bloques, piedras naturales, elementos de cerámica roja, terrazo integral, piezas de asbesto cemento y otros elementos constructivos a los que se desee conservar su aspecto original
 - Rendimiento: de 4 m²/kg a 5 m²/kg por mano
 - Presentación: tineta de 20 kg

9.8 Materiales accesorios

Dentro de los materiales accesorios se encuentran:

- **MALLA FV:** malla de fibra de vidrio autoadhesiva
 - Campo de aplicación: como refuerzo de membrana impermeable
 - Rendimiento: rollos de 200 m²
- **GEOTEXTIL:** membrana geotextil, que tiene como campo de aplicación el refuerzo de membranas de impermeabilizaciones, manto antirraíces y membranas antipunzantes como protección de la impermeabilización previa a la colocación de cerámicas, rasillas, prepisos de hormigón u otros recubrimientos
- **BROCHAS:** brochas de fibras, que se utilizan en la aplicación de impermeabilizantes
- **RODILLOS:** rodillos de esponjas y felpas, para aplicar impermeabilizantes y pinturas



CAPÍTULO 10

Otros materiales y productos para la construcción

En los capítulos anteriores se abordaron una gran variedad de materiales y productos para las construcciones, así como su aplicación en la conformación de elementos estructurales constructivos.

Dentro de los materiales y productos podemos citar: áridos, aglomerantes, agua, pastas, morteros y hormigones hidráulicos y armados; aceros de refuerzo, y productos de hormigón y cerámica que se emplean en la albañilería; también, son tratados los productos utilizados por los constructores en la ejecución de obras para instalaciones, terminaciones y áreas exteriores, así como los químicos de tecnología avanzada, que son necesarios en su culminación.

Por último, es importante destacar el uso de otros materiales o productos, que desempeñan funciones auxiliares en el proceso constructivo, como son, entre otros: impermeabilizantes, maderas, pigmentos y resinas.

10.1 Madera

La madera obtenida de los árboles se puede utilizar como material de construcción; tiene características propias para ser empleada en la ejecución de obras y se puede definir como sustancia fibrosa, dura y compacta, que forma el tronco y las ramas de determinados árboles maderables (figura 10.1).

En el origen del hombre hay una dependencia directa de los árboles, que nos proporciona la madera, con la que, entre otras cosas, obtiene el fuego, fabrica armas y herramientas, vasijas, así como la emplea en la construcción de su vivienda.

Los árboles llamados maderables son los que al cortarlos y aserrarlos proporcionan: horcones, vigas, viguetas, tablones, tablas y listones para las construcciones.

La obtención de estos tipos de madera nos permite no solo utilizarlas para elaborar productos como puertas y ventanas, sino también de apoyo en la elaboración de replanteos y encofrados de elementos estructurales, entre otros.

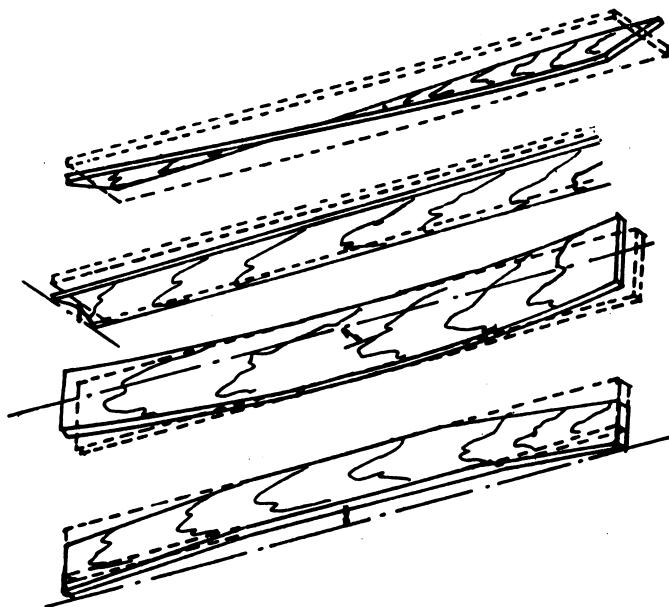


Fig. 10.1 Tablas de madera obtenidas de los árboles.

Características

La madera está constituida por un conjunto de tejidos que forman la masa de los troncos de los árboles, sin la corteza. En el centro está la médula o corazón, de una coloración más fuerte; rodeando el corazón se encuentra el duramen, que es la parte seca y dura del tronco y la que tiene mayor resistencia mecánica y durabilidad, lo cual permite que sea un material muy empleado en las obras.

10.1.1 Clasificación

Para su estudio, la madera empleada en la construcción estará determinada por su procedencia, sus fibras, su dureza y por su forma y dimensiones; de acuerdo con estos aspectos se clasifican en:

- Maderas preciosas: presentan fibras lisas, alargadas y uniformes, con bellas coloraciones. En nuestro país, abundan la caoba, majagua

y otras, aunque con la tala indiscriminada se encuentran casi extinguidas.

- Maderas duras: muy resistentes, de gran peso, poco atacadas por agentes que la deterioren; ejemplo de ellas: ácana, jiquí, sabicú y otras.
- Maderas especiales: las que tienen propiedades lubricantes como el guayacán, que se emplea en ejes de propelas de embarcaciones, balsas, etcétera.
- Maderas blandas: las que se cortan y clavan con facilidad y se emplean en trabajos de carpintería en blanco; ejemplo de ello la pinotea. También, en la construcción se pueden clasificar las maderas por la forma y dimensión en que se presenten las piezas.
- Madera elaborada: la que se seca y corta longitudinalmente en piezas formando:
 - Horcones (entre 150 mm de lado y 2 m de largo).
 - Alfardas (sección cuadrada de 70 mm a 100 mm de lado y más de 2 m de largo).
 - Vigas y viguetas (sección rectangular con un ancho entre 50 mm y 250 mm y una altura de 150 mm a 300 mm con más de 2 m de largo).
 - Tablones, tablas y cintas (piezas rectangulares de 10 mm a 50 mm de altura, de 100 mm a 300 mm de ancho y de largo variado).
 - Listones (pueden ser de sección cuadrada o rectangular, con un ancho de 25 mm a 50 mm y una altura de 10 mm a 25 mm, con cualquier largo).
- Maderas para marcos de puertas, ventanas y para puertas y ventanas: aquellas piezas con formas y dimensiones determinadas, según los elementos que se quieran conformar.
- Madera para pilotes, postes y traviesas de ferrocarril: deberán ser maderas muy resistentes y duras, pues estarán expuestas a la intemperie. Se les deberá aplicar sustancias específicas para su conservación.
- Madera contrachapada: tableros conocidos como *plywood*, formado por un número impar de láminas unidas por resinas. Se utilizan en todo tipo de trabajo por la terminación de su superficie lisa, su aspecto y el área que cubre.
- Tableros de bagazo de caña: se obtienen al procesar el bagazo con pegamento y prensarlos; se logra un tablero liso y con una superficie resistente. Se pueden emplear en la construcción de muebles y tabiques.

10.1.2 Propiedades, protección y usos

Propiedades

La madera para ser utilizada en la construcción, ebanistería o en obras artísticas, requiere cumplir con propiedades que garantizarán su empleo, como son:

- Dureza: resistencia que opone al desgaste, rayado, clavado, etc. La madera puede ser blanda, semidura, dura y muy dura. Esta propiedad depende de su densidad, edad y estructura; es recomendable, en el caso de las muy duras, taladrar el orificio antes de realizar el clavado.
- Resistencia a los esfuerzos mecánicos: los esfuerzos mecánicos más importantes a que está sometida la madera son: de compresión, tracción y flexión; en dependencia, en gran medida de su resistencia, de la dirección de las fibras y del esfuerzo cuando coincidan (figura 10.2).
- Resistencia al cortante: son fuerzas que actúan en sentido contrario pudiendo producir un corte en la madera, por lo que es muy importante considerar esta propiedad al calcular las estructuras de madera.
- Resistencia al choque: son los esfuerzos que resiste al ser clavada o golpeada fuertemente; se determina mediante los ensayos correspondientes.

Además de estas propiedades, relacionaremos otras no menos importantes en el empleo de la madera en la construcción como son: la resistencia a la rajadura, la elasticidad, el peso por unidad de volumen, la contracción o hinchamiento y la durabilidad.

Protección

La madera deberá ser protegida contra los hongos destructores, que producen su putrefacción. Generalmente, estos hongos son producidos por los efectos de la humedad; por lo que deberán cumplirse las medidas de protección siguientes:

- Se aplicarán distintos tipos de soluciones (pinturas, barnices, esmaltes, pinturas de aceite, etcétera).
- La madera para encofrado debe estar protegida de la humedad, de ser posible bajo techo.
- Los marcos de puertas y ventanas deben estar colocados en lugares donde no pierdan sus escuadras y dimensiones; además, deben ser protegidos de la humedad.

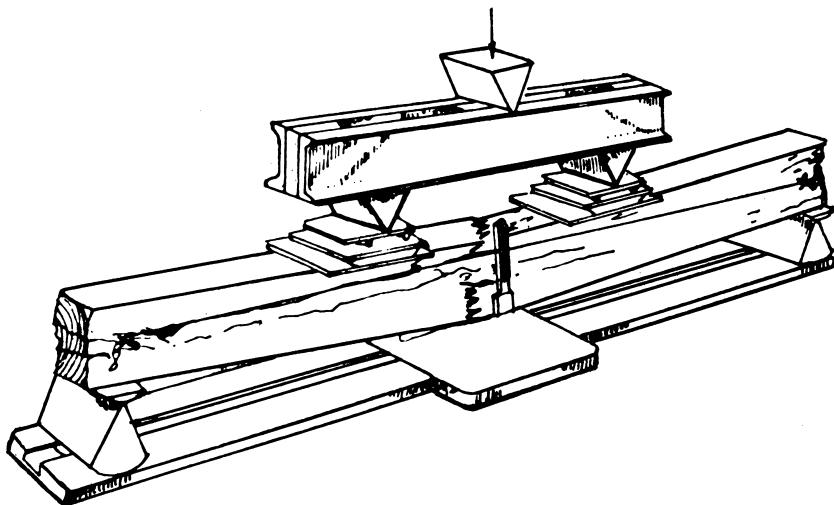


Fig. 10.2 Resistencia a la flexión de la madera.

Usos

El empleo de la madera en la construcción es amplio, por su gran beneficio en la ejecución de las obras; actualmente resulta limitado su uso por su escasez y lo caro de su importación.

Sus aplicaciones más generales en las obras estarán determinadas de acuerdo con el tipo de aplicación y el sistema constructivo que se vaya a ejecutar; los usos más generales son:

- Vallas de replanteo (figura 10.3)

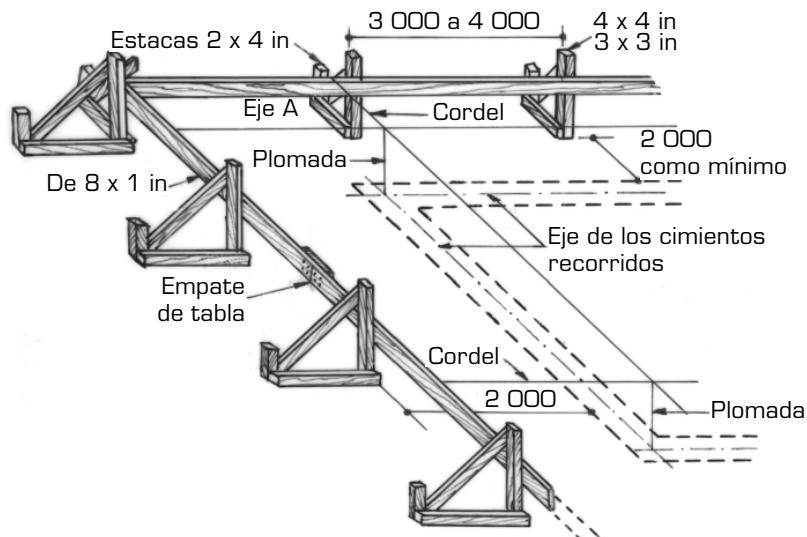


Fig. 10.3 Valla de replanteo.

- Andamios
- Encofrado de cimentación, vigas y columnas (figuras 10.4 y 10.5)
- Encofrado de losa de cubierta
- Encofrado de losa de cubierta de entrepiso
- En cubiertas de madera o de otros elementos
- En marcos de puertas y ventanas
- En puertas y ventanas
- En mobiliarios de cocina, estanterías, closet y otros

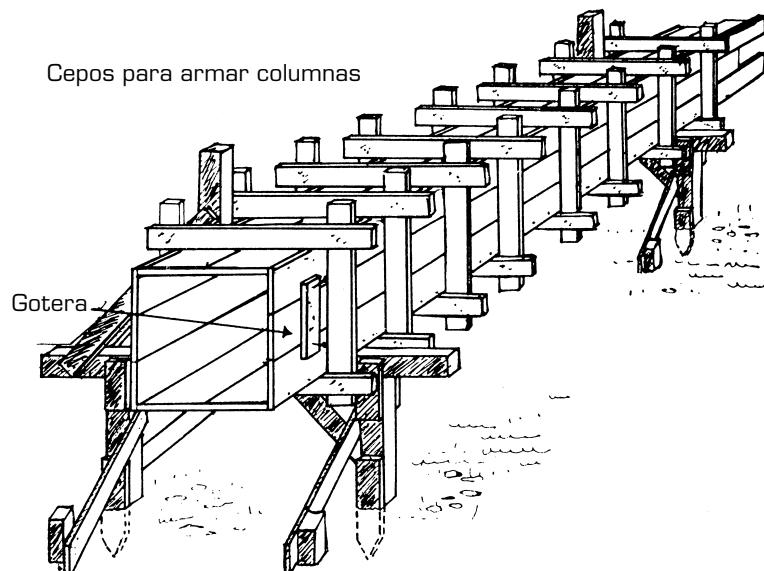


Fig. 10.4 Encofrado de columna.

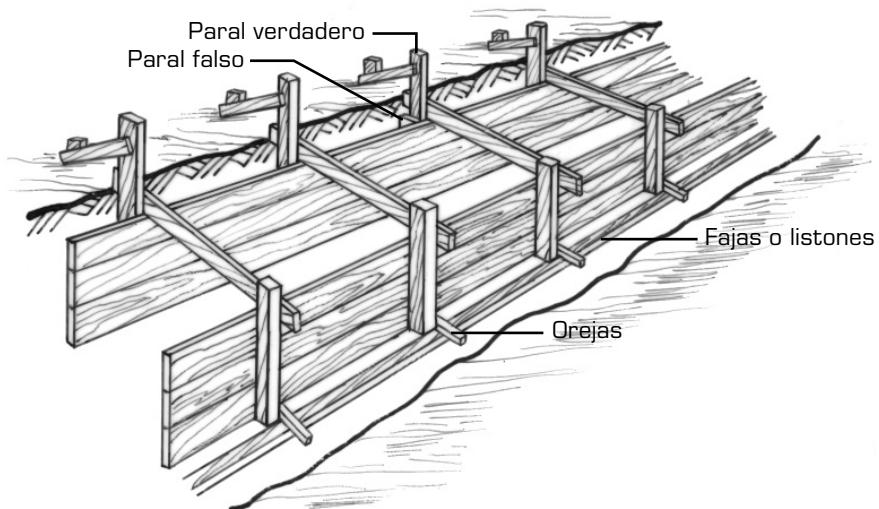


Fig. 10.5 Encofrado de viga zapata.

10.2 Pigmentos

Los pigmentos son componentes muy pulverizados de un determinado color; estos se obtienen de sustancias orgánicas o inorgánicas y con indeterminado tratamiento.

Su aplicación fundamental es en la coloración de diferentes mezclas, tanto en los productos de hormigón como en baldosas y losetas, además de su empleo en pinturas.

10.2.1 Clasificación

Los pigmentos para su posterior utilización en la construcción se clasifican, según los componentes químicos y según la tonalidad para ser empleado, crean diferentes combinaciones, que se pueden apreciar en el cuadro siguiente:

Componentes químicos (procedencia)	Color del pigmento
Compuesto por: carbonato básico de plomo, blanco de cinc y blanco de titanio.	Blanco
Minio de plomo u óxido de plomo (se diluye en aceite de linaza), se emplea para la protección del hierro y dan varias tonalidades de rojo.	Rojo
Amarillo de cromo y cromato de cinc.	Amarillo
Silicato aluminio sódico y sulfuro sódico (polvo fino para pinturas de agua de color intenso, azul cobalto (sirve para pinturas de agua y al óleo).	Azul
Verde cromo (para pinturas de agua), verdes a base de arsénicos (son muy fuertes y venenosos).	Verde
Grafito, negro de humo, carbón (generalmente secan muy despacio porque retardan la oxidación del aceite).	Negro
Sepia (pardo manganeso obtenido a partir del bióxido de manganeso).	Pardo
Polvo metálico: metales y aleaciones de aluminio, cinc, latón, finamente pulverizados; se emplean en pinturas de protección para dar color.	Metálico: aluminio y dorado

10.2.2 Propiedades, protección y usos

Propiedades

Dentro de sus propiedades están:

- Dan tonalidad y color a las pinturas

- Permiten cubrir más en las aplicaciones donde se utilicen
- Facilitan el secado
- Aumentan la resistencia del producto
- Dan color a las mezclas para losetas, azulejos, baldosas y otros

Protección

Medidas de protección:

- Se colocarán en depósitos protegidos de la humedad
- Se Identificarán por el color, calidad y fabricante
- Deben aparecer indicadas sus aplicaciones e indicaciones para su preparación

Usos

Dentro de sus usos están:

- Ligarlos con otros componentes en la producción de pinturas
- Dar color a las mezclas en la producción de azulejos
- Dar color a las mezclas en la producción de losetas hidráulicas
- Dar color a las mezclas en la producción de baldosas hidráulicas, mezclas de estucos, pisos, etcétera

10.3. Asbesto-cemento

Se llama asbesto-cemento a la mezcla homogénea del asbesto y el cemento con agua en proporciones definidas, que pasa por un horno a determinada temperatura y se coloca en los moldes correspondientes para un posterior secado de acuerdo con el tipo de producto.

El asbesto es un mineral, que no es afectado por los agentes atmosféricos ni por los microorganismos y presenta una estructura fibrosa, por lo que es necesario desmenuzar esa fibra para su uso.

Se emplea en esta mezcla el cemento gris, de calidad P-250 y P-350, que debe cumplir con la calidad y especificaciones establecidas.

El proceso que se sigue consta de varias etapas, tales como: dosificación, molido del asbesto con agua, mezclado con el cemento (15 % de asbesto y 85 % de cemento), se conforman los elementos según su tipo y se someten a curado a vapor (figura 10.6).

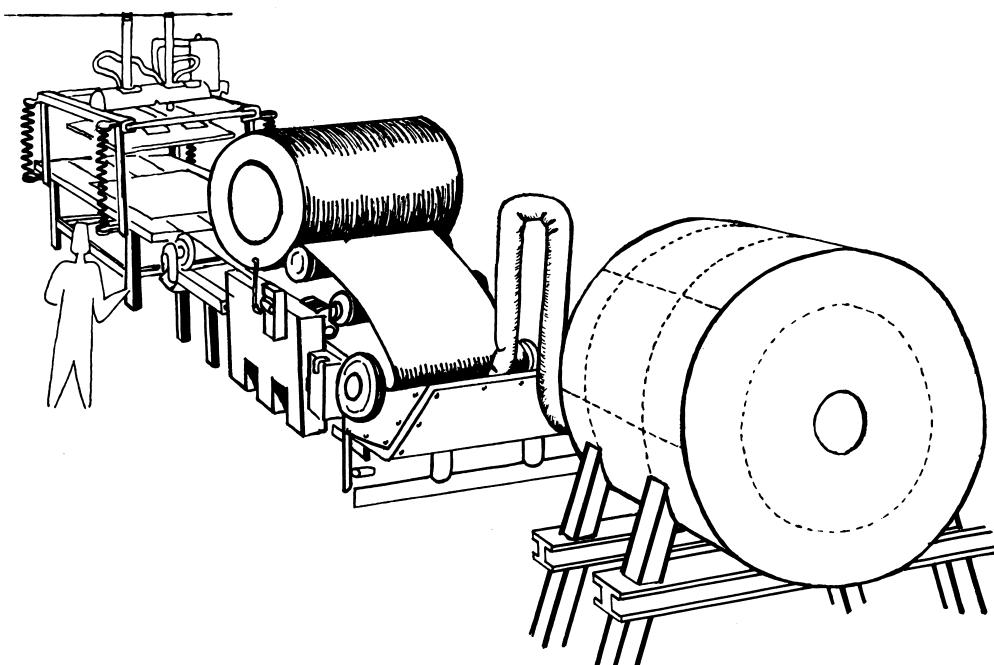


Fig. 10.6 Planta laminadora de asbesto cemento.

10.3.1 Clasificación, propiedades, protección y usos

Clasificación

Se producen piezas de asbesto-cemento que según su tipo y calidad, serán utilizados en la ejecución de obras y que se nombran a continuación:

- Tanques para agua (figura 10.7)
- Bebederos para animales
- Tejas de techo (figura 10.8)
- Tubos (figura 10.9)
- Caballletes
- Fregaderos
- Jardineras

Propiedades

Los productos de asbesto-cemento presentan características específicas que aporta, fundamentalmente, el asbesto; dentro de ellas tenemos:

- Son elementos resistentes
- Son elementos incombustibles

- Por ser relativamente livianos se transportan con facilidad
- Facilidad para su colocación

Medidas de protección

Las medidas de protección son:

- Deberán almacenarse bajo techo
- Clasificados por tipo de producto
- Las tejas se colocarán una sobre otra, en pilas de no más de 1 m

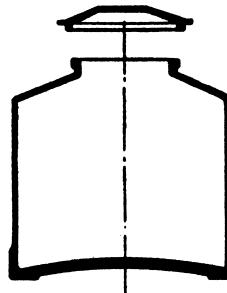
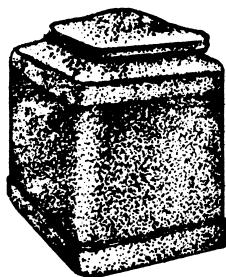


Fig. 10.7 Productos de asbesto cemento: tanques de agua.

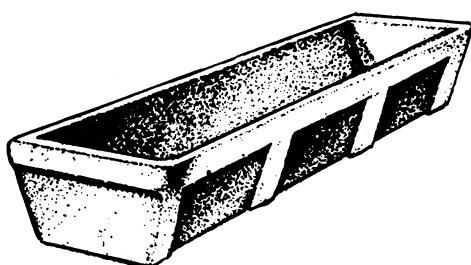


Fig. 10.8 Productos de asbesto cemento: bebedero y teja.

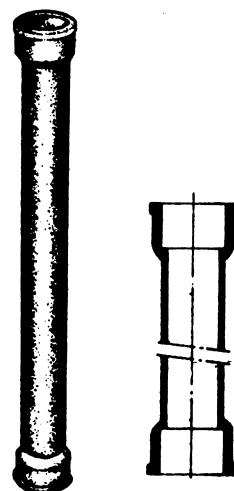


Fig. 10.9 Productos de asbesto cemento: tubos.

Usos

Tienen diversos usos:

- Los tanques de agua se utilizan en edificios y en viviendas

- Las tejas y caballetes se emplean para el techado, fundamentalmente, de almacenes y construcciones temporales
- Los bebederos para animales en granjas y cooperativas
- Los tubos para la conducción de aguas

10.4 Impermeabilizantes para cubiertas

La impermeabilización constituye un factor muy importante, pues garantiza la calidad de la terminación de la cubierta de una edificación y la seguridad de la vivienda por impedir la penetración de agua o molestas filtraciones.

10.4.1 Clasificación

Los productos impermeabilizantes para cubiertas tienen el objetivo de evitar el paso de los líquidos al interior de las edificaciones y las clasificaremos en cementosos y asfálticos.

- Cementosos: Comienza su aplicación en cuba a partir de los años cincuenta, con buenos resultados fundamentalmente, en placas de hormigón *in situ*. Se crearon varias plantas productoras de impermeabilizantes con gran aceptación; se produce en forma de pintura con componentes tales como: cemento blanco, hidrato de calcio, dióxido de titanio o sulfuro de cinc, esteárate de calcio o aluminio y cloruro de calcio o de sodio (en porcentajes determinados según la norma). Estos productos se aplican con brochas o escobillones; esparcen sobre la cubierta previamente humedecida y se logra un sellaje total. Se deja secar por espacio de 18 a 24 horas y se puede aplicar una segunda mano.

Recientemente, se ha realizado el estudio y aplicación del impermeabilizante cementoso D-10, considerando las mismas materias primas con otras incluidas, para mejorar su efecto; para esto, se han realizado pruebas, con el objetivo de aplicarlo en Cuba, donde la impermeabilización de cubiertas es un grave problema en estos momentos (figura 10.10).

- Asfálticos: los impermeabilizantes elaborados con asfaltos son de uso más generalizado; pueden aplicarse en cualquier lugar para evitar el paso de la humedad. Son muy resistentes al tiempo lo cual garantiza una mayor durabilidad. Su flexibilidad no permite que se produzcan rajaduras, así como su gran resistencia a las altas temperaturas.

En el revestimiento de elementos prefabricados permite lograr el aislamiento de la humedad. En losas prefabricadas para cubiertas, se limpia previamente su superficie para su aplicación.

En sentido general, se han realizado sistemas de impermeabilización de cubiertas según su tipo. Ejemplos:

- Soladura (aplicación de materiales tales como enracionados, mortero, soladura, etcétera)
- Tejas criollas (aplicación de mortero)
- Teja francesa (aplicación de papel de techo)
- *Built up* (aplicación de aparejo asfáltico, asfalto oxidado, fieltro saturado, asfaltile, etcétera)

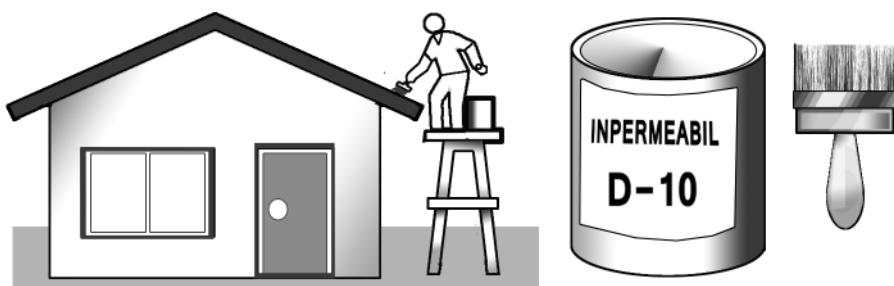


Fig. 10.10 Aplicadores del impermeabilizante cementoso D-10.

10.4.2 Propiedades, protección y usos

Propiedades

Los impermeabilizantes para cubiertas tienen dos propiedades fundamentales como son:

- Resistencia a la permeabilidad y durabilidad, según su tipo y cal.

Protección

La protección de los impermeabilizantes dependen del tipo, según su clasificación:

- Impermeabilizantes cementosos
 - Se deben envasar en sacos de cierre automático o en latas
 - Su tiempo de duración es de, aproximadamente, 5 años
 - Su rendimiento es de 1 m² por cada kg de material

- Impermeabilizantes asfálticos
 - Son muy duraderos e impermeabilizan por largo tiempo
 - Se almacenan en recipientes debidamente sellados e identificados
 - Deberán estar acompañados de sus especificaciones de calidad y características

Usos

Dentro de la utilización más frecuente de los impermeabilizantes tenemos:

- Los cementosos
 - Se aplican en placas de hormigón *in situ*
 - En edificios de viviendas
 - No se recomienda su uso en elementos prefabricados
- Los asfálticos
 - Se pueden aplicar en todo tipo de cubierta
 - En elementos prefabricados que necesiten aislamiento de la humedad

10.5 Asfalto

El asfalto es uno de los más antiguos ligantes (aglomerante) empleados por el hombre, ya que se tiene conocimiento de su empleo desde hace varios siglos en la Mesopotamia. A partir de este momento tan lejano en el tiempo, la referencia de su utilización se repite a través de todas las civilizaciones anteriores hasta la actualidad.

El primer **asfalto** conocido por nuestros antepasados fue el **natural**, que se encuentra en la naturaleza en forma de yacimiento y puede ser explotado; también, se obtiene el asfalto por la destilación del petróleo, que se encuentra en yacimientos

En todo el planeta donde existen los yacimientos de petróleo, son explotados industrialmente por diversas compañías, tanto en la tierra como en el mar, por medio de la destilación; se obtienen primero los más volátiles o ligeros (menos densos) y posteriormente, los más pesados como los asfaltos.

Se conoce como asfalto a determinadas sustancias de color oscuro, que pueden ser líquidas, semisólidas o sólidas, compuestas por hidrocarburos solubles en sulfuro de carbono y que proceden de yacimientos naturales; también, su procedencia puede ser de residuos de crudos de petróleos, por destilación o extracción.

Tanto los diferentes tipos de asfalto, como los hormigones asfálticos, que estudiaremos posteriormente, tienen múltiples usos en las obras viales que se ejecutan para el enlace entre las diferentes zonas urbanas y rurales, que necesita cualquier país para su desarrollo económico y social. Son muy empleados también en la impermeabilización de cubiertas.

10.5.1 Tipos de asfaltos y su obtención

Tipos de asfaltos

- Asfalto: mezcla natural o mecánica, donde el betún está asociado con materia mineral inerte
- Asfaltos naturales: se encuentran de forma natural en yacimientos de diversos tipos. pueden variar desde asfaltos muy puros, hasta rocas areniscas levemente impregnadas de asfalto
- Betún: mezcla de hidrocarburos de origen natural o pirogenado o combinaciones de ambos, que pueden ser gaseosos, líquidos o sólidos y solubles en sulfuro de carbono
- Betún asfáltico: betún natural preparado a partir de hidrocarburos naturales por destilación, con bajo contenido en productos volátiles, con propiedades de aglomerantes y soluble en sulfuro de carbono

Obtención

La obtención del asfalto se realiza de forma natural o a partir del petróleo, aunque no todos ellos tienen base asfáltica; pero cuando está presente este puede variar según su origen y calidad, además de obtenerse por la destilación mediante el calor (figura 10.11).

Los asfaltos se pueden presentar en la naturaleza en diversas formas entre las que se destacan:

- Fuentes: provienen, en general, de depósitos de cierta importancia de materiales asfálticos con salida al exterior por alguna grieta de la roca
- Lagos: provienen de fuentes, pero de un gran caudal, situados en el fondo de depresiones naturales, que forman un lago (como los de Venezuela y Trinidad)
- Exudaciones: se presentan en rocas muy porosas saturadas de asfalto, donde fluye este por los efectos del calor o de una presión interior
- Impregnando rocas: son frecuentes los yacimientos de rocas asfálticas porosas con sus poros llenos de asfalto; se pueden presentar con más o menos asfalto y varía así su utilidad
- Filones: pueden aparecer por la penetración del asfalto a través de una grieta o falla de los estratos rocosos, o por la sedimentación alternativa de capas de asfalto y otros minerales

ESQUEMA DE FABRICACIÓN DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS

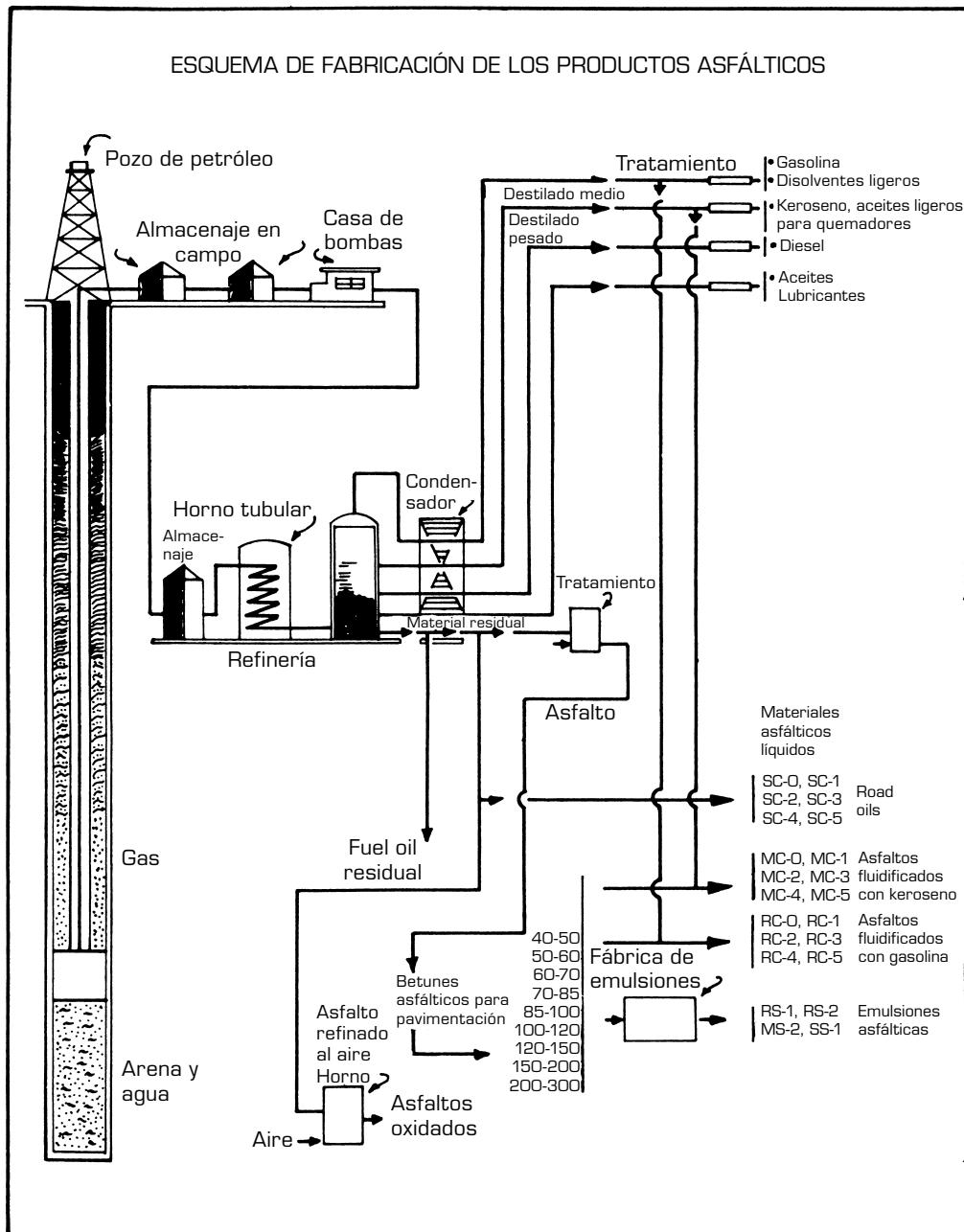


Fig. 10.11 Flujo de producción para la obtención del asfalto.

10.5.2 Clasificación del asfalto y productos derivados del petróleo

Clasificación del asfalto

Una vez destilado el petróleo se obtendrán una serie de productos de base asfáltica, que se emplearán en los viales y se clasificarán en:

- Cemento asfáltico: asfalto refinado o combinación de asfalto refinado y aceite fluidificante, de consistencia apropiada para trabajos de pavimentos. Se producen tres tipos de penetración 50-60, 85-100 y 150-200; la más indicada para hormigones asfálticos en caliente son los 50-60
- Asfalto diluido: cemento asfáltico licuado mediante la adición de un fluidificante (destilado del petróleo ligero y volátil). Cuando se halla expuesto a la intemperie se evapora el destilado volátil y queda solamente el cemento asfáltico. Existen tres tipos de asfalto diluido:
 - Asfalto diluido de rápido curado (RC): cemento asfáltico fluidificado con nafta o con un destilado del tipo gasolina
 - Asfalto diluido de medio curado (MC): cemento asfáltico fluidificado con kerosén
 - Asfalto diluido de lento curado (SC): aceite asfáltico residual o una mezcla de estos aceites con destilados, de volatización lenta

Productos derivados del petróleo

Como se ha expresado anteriormente, el cemento asfáltico producto de la destilación del petróleo 50-60; se utiliza para la fabricación de hormigones asfálticos en caliente y los asfálticos diluidos para riegos. Los productos asfálticos obtenidos aparecen en el siguiente cuadro:

Gasolina o nafta	Kerosén	Aceites no volátiles de evaporación lenta	Agua y emulsificante	Agua y emulsificante
Betún asfáltico	Betún asfáltico	Betún asfáltico	Betún asfáltico	Asfaltos líquidos RC-MC-SC

10.6 Hormigones asfálticos

Los hormigones asfálticos son mezclas de asfalto con áridos en proporciones adecuadas y establecidas según la dosificación calculada, el tipo que se prepare y el objeto de obra a que se destinen.

Tanto en el hormigón asfáltico como en el hormigón hidráulico, se utilizan para su elaboración áridos (piedras arenas); además de polvo de piedra y el aglomerante que emplea para su elaboración. En el hormigón hidráulico se emplea el cemento gris y en el hormigón asfáltico el cemento asfáltico de penetración 50-60, así como el calor en vez de agua, en la mezcla de sus componentes.

Se debe de destacar, que los hormigones asfálticos se producen solo en las plantas de asfaltos y no a pie de obra, a diferencia de los hormigones hidráulicos.

Características de las materias primas

Las características que deben reunir los materiales componentes de los hormigones asfálticos son las que expresamos a continuación:

- Asfalto: debe ser un cemento asfáltico o asfalto diluido que reúna las condiciones de calidad, como: penetración, punto de inflamación, ductilidad, solubilidad y la prueba oliense, que establecen las normas técnicas
- Árido: deben de estar graduados con la granulometría, según las especificaciones que aparecen en las normas
- Agua: no debe contener agua
- Polvo o filler: debe cumplir con las especificaciones, no mayor de 0,5 % de arcilla, libre de álcalis o materia orgánica. Absorción no mayor de 2 %

10.6.1 Clasificación y elaboración

Atendiendo al uso a que se destine el hormigón asfáltico, se puede clasificar en hormigón asfáltico en caliente y hormigón asfáltico en frío:

- Hormigón asfáltico en caliente

Se elabora en plantas de asfalto, las cuales constan de varias partes que permiten preparar el hormigón y posteriormente, trasladarlo hacia las obras donde se colocará y compactará. Se emplea en carreteras de cortas y grandes distancias, de primera y segunda categorías (figura 10.12).

El hormigón asfáltico en caliente se elabora en las llamadas plantas de asfalto, las que, generalmente, constan de diferentes equipos y el orden operacional siguiente:

1. Alimentador: con tres compartimentos para dosificar tres o más tipos de áridos.

2. Compuertas graduadas: para que los áridos pasen uniformemente al secador.
3. Secadora y calentadora de áridos: compuesta de un cilindro con soplete quemador.
4. Zaranda vibratoria: clasifica hasta tres tamaños de áridos, que deposita en los compartimentos correspondientes.
5. Dosificador: compuesto de básculas o depósitos especiales, que permiten una medición correcta tanto de los áridos como del cemento asfáltico.
6. Mezcladora: es la encargada de producir la mezcla completa y uniforme de los áridos y el cemento asfáltico.
7. Tanque de almacenaje: provisto de un termómetro para medir la temperatura de la mezcla.

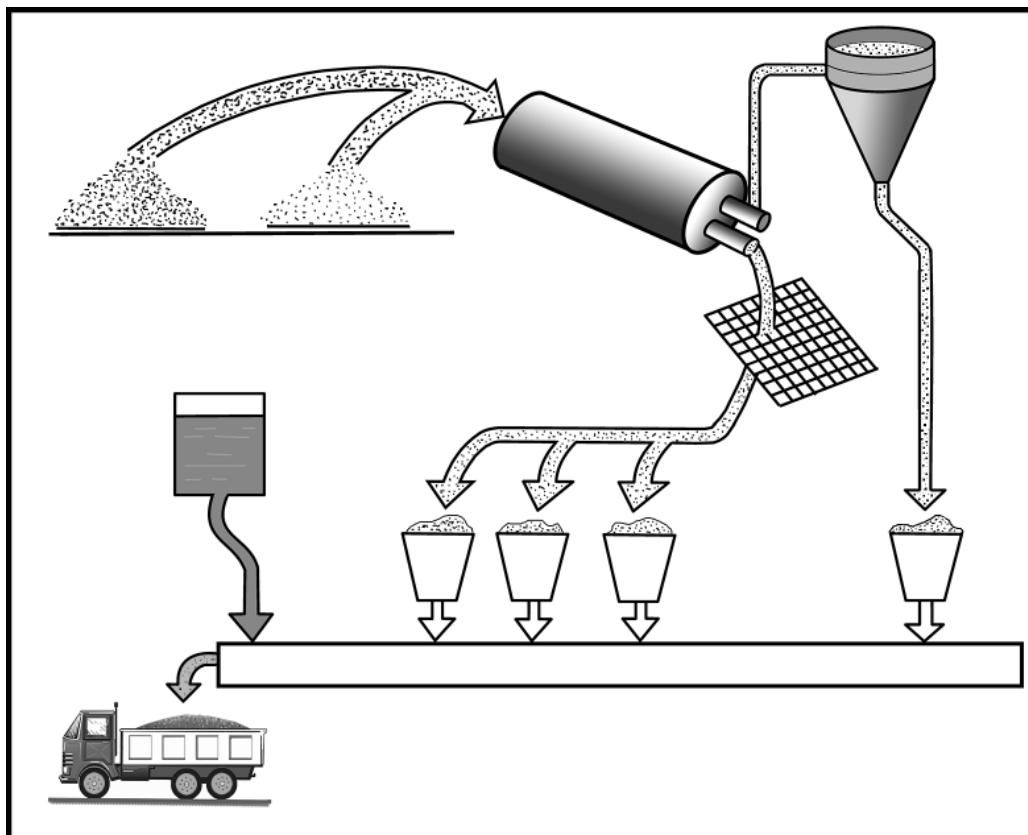


Fig. 10.12 Planta de mezclas asfálticas en caliente.

- Hormigón asfáltico en frío

Se emplea para reparaciones o en obras de pequeño volumen, en caminos y carreteras de segunda y tercera categorías. Se combinan áridos y materiales asfálticos diluidos, que se mezclan a temperatura ambiente. Este hormigón es de inferior calidad al mezclado en caliente y para su preparación se emplean: cemento asfáltico, áridos graduados y polvo o filler, que cumplen con las especificaciones.

10.6.2 Propiedades y transportación

Propiedades

El hormigón asfáltico debe cumplir con una serie de propiedades, que permiten una garantía en su calidad; ellas son:

- Buena docilidad para una correcta puesta en obra
- Una buena homogeneidad, que se logra con la cantidad suficiente de asfalto para envolver completamente los áridos
- Elasticidad que permita la dilatación térmica del pavimento
- Estabilidad suficiente para resistir las fuerzas del tráfico sin alteración

Transportación

Es necesario cumplimentar determinados requisitos de gran importancia en la transportación del hormigón asfáltico, por lo que se considerarán algunas medidas que garanticen la calidad del hormigón:

1. El vehículo que se destine a la transportación deberá tener la cama o caja de carga limpia sin contaminación.
2. Evitar que existan salideros en estos equipos.
3. El material deberá estar debidamente protegido de la penetración de agua.
4. Mantener la temperatura de la mezcla sin alteración.
5. El tiempo de transportación no deberá exceder las cuatro horas.

10.6.3 Diseño de mezclas asfálticas por el método Marshall

El método más general empleado en el diseño de mezclas asfálticas es el de Marshall, con el cual se obtiene el contenido óptimo de asfalto, para

una mezcla de áridos de una composición y granulometría determinada (figura 10.13). Para ello, se siguen los pasos siguientes:

1. Se realiza una estimación del contenido óptimo de asfalto; se moldean como mínimo tres probetas. Cada una de ellas debe contener entre 1 200 g y 1 300 g y la cantidad de asfalto será de 20 kg, en principio.
2. Se prepara un grupo de probetas y el contenido de asfalto de la mezcla se va aumentando de 0,5 % en 0,5 %.
3. Se preparan tantas como sean necesarias, para que por lo menos se tengan dos contenidos de asfalto por encima y por debajo del óptimo.
4. Se compactan las probetas que deben cumplir con los límites establecidos.
5. Se calientan los áridos a una temperatura comprendida entre 175 °C y 190 °C.
6. Se calienta el asfalto a una temperatura comprendida entre 145 °C y 160 °C.
7. Se pesan las fracciones de áridos, previamente determinadas.
8. Se agita la mezcla de áridos y se forma un cráter en el medio.
9. Se mezclan los áridos con el asfalto, hasta lograr uniformidad en la mezcla.
10. Se le añade el peso necesario de *filler*, sin calentar, y se sigue agitando la mezcla hasta lograr una composición homogénea.

Al terminar la operación de mezclado, la temperatura de la mezcla para la compactación no debe ser inferior a 110 °C; en el caso de ser más baja se desechará la amasada.

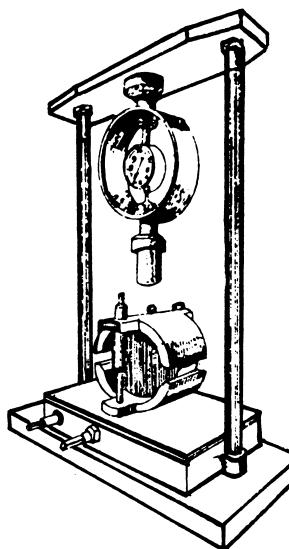


Fig. 10.13 Equipo Marshall.

Las mezclas para la elaboración de los hormigones asfálticos, en dependencia del tamaño de los áridos, se pueden confeccionar de tres tipos:

- Mezclas finas: se emplean piedras de hormigón (38,1 mm-19,1 mm)
- Mezclas intermedias: se emplean piedras de gravilla (19,1 mm-9,52 mm)
- Mezclas gruesas: se emplean piedras de granito (menor de 9,52 mm)

10.6.4 Tendido y compactación del hormigón asfáltico en caliente

Se debe destacar que en el tendido, compactación y curado del hormigón asfáltico en caliente, las normas establecen en cada caso muy bien el procedimiento para la colocación de una o varias capas de mezclas asfálticas calientes, sobre una base previamente preparada y tratada con un riego de imprimación adecuado.

La superficie donde se colocarán las mencionadas capas deben ser: uniforme, libre de baches u ondulaciones, de forma tal que se ajusten con exactitud a las líneas y dimensiones de la sección transversal y a la rasante, que muestran los planos de la ejecución de obras viales.

Todo lo anterior se realiza con el objetivo de garantizar que se cumpla con lo programado en el diseño, en cuanto a la calidad de las mezclas asfálticas para la obtención de un pavimento durable, con una superficie plana y lisa; pero, que a su vez, no sea resbaladiza.

Tendido de las mezclas

El tendido de las mezclas asfálticas en caliente, únicamente se realizará cuando las condiciones del tiempo sean las adecuadas; se harán sobre superficie seca y libre de cualquier material que pueda evitar la unión de la mezcla con la superficie imprimada.

Las mezclas que son transportadas de la planta a la obra deberán llegar a la temperatura entre 135 °C (275 °F) y 177 °C (350 °F); la más recomendable es la de 165 °C aproximadamente y se puede tender a pie de obra de dos formas:

- Manual: se emplearán obreros especializados, que dispondrán de: palas y rastrillos en cantidad suficiente para distribuir las mezclas asfálticas con rapidez, con los espesores y anchos que indiquen los planos de la ejecución de obras, según el proyecto.

A los rastrilleros no se les permitirá caminar sobre la mezcla de hormigón asfáltico caliente, debido al calor que despiden y, de ser necesario,

solo para corregir errores se hará con sumo cuidado, para evitar dañar el material tendido sin compactar. El rastrilleo será hecho de manera que después de la primera pasada del cilindro, se requiera un mínimo de bacheo.

- **Mecánica:** se emplearán equipos de traslación propia y dirección variable, que dispondrán de diversos dispositivos para el trabajo, como son:
 - Una tolva receptora y descargadora
 - Un enrasador o cortador mecánico
 - Una base longitudinal entre ruedas, mayor de tres metros

Al distribuir la mezcla de hormigón asfáltico caliente en el extendido, la base o el soporte estarán en contacto con la superficie del suelo, sobre la cual se colocará con el objetivo de proporcionar una regulación mecánica continua y eficaz del enrasador, de forma tal, que el material se extienda con los espesores especificados.

Es importante señalar que antes de distribuirse la mezcla de hormigón asfáltico caliente, la superficie que se quiere recubrir deberá estar completamente seca, limpia y desprovista de material suelto o flojo. La mezcla se tenderá lo más continuamente posible a lo largo del tramo en el que se va a trabajar; además, las juntas frías que puedan ocurrir en algún tramo deben ser cortadas verticalmente.

Compactación de las mezclas

Una vez extendidas las mezclas del hormigón asfáltico caliente, sobre el pavimento de trabajo a pie de obra, continúa inmediatamente el proceso de su compactación; se emplearán equipos de gran peso conocidos por el nombre de cilindros (figura 10.14).

Las mezclas serán compactadas con uno o varios cilindros, en dependencia del trabajo que se vaya a realizar y la cantidad de toneladas. Generalmente, los cilindros son de tres ruedas y sus rodillos pueden tener un ancho de 0,70 m y 1,20 m, aunque los hay mayores, además del gran peso en toneladas para lograr el objetivo de compactar esas mezclas.

El mando de los cilindros o máquinas compactadoras será adecuado, de manera que el conductor pueda maniobrar en los arranques y detenciones con suavidad y llevar sin dificultad al equipo en línea recta; estará provisto de un dispositivo para el mojado de los rodillos con agua.

El número de pasadas del cilindro no será menor que lo especificado por las normas en la tabla 10.1:

Tabla 10.1 Cantidad de pasada del cilindro compactador

Toneladas tendidas por hora	Cilindros tándem	Requeridos de 3 ruedas	Total
Hasta 20	-	1	1
De 21 hasta 50	1	1	2
De 51 hasta 80	1	2	3
De 81 hasta 125	2	2	4
De 126 hasta 175	2	3	5
De 176 hasta 225	3	3	6

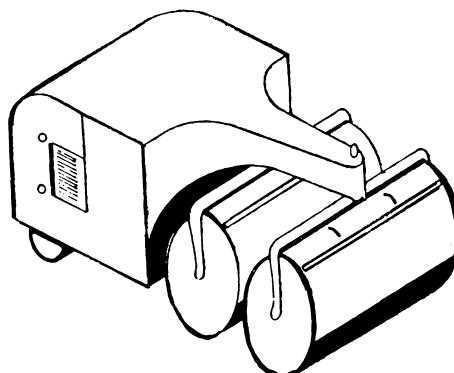


Fig. 10.14 Cilindro compactador de tres ejes.

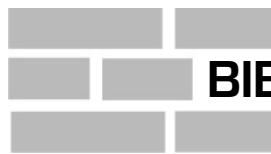
Es de suma importancia destacar, que a lo largo de los contenes, mordientes, registros y estructuras semejantes, así como en todos los lugares no accesibles a los cilindros, se obtendrá la compactación adecuada, mediante pisones y las juntas deben quedar selladas.

Requerimientos después de la compactación de las mezclas

Una vez realizada la compactación de las mezclas de hormigón asfáltico caliente, como está establecido por las normas, se deben cumplir los requerimientos que exponemos:

1. El curado: no se permitirá tránsito alguno, hasta que el pavimento esté frío; solo el necesario para los objetivos de la construcción.
2. La tolerancia: se colocará una regla de cuatro metros paralela al eje longitudinal de la superficie tratada; no deben existir depresiones de no más de tres milímetros con respecto a ella.
3. La sección transversal: colocando una formaleta en la sección transversal que aparece en los planos, no existirán depresiones de más de tres milímetros con respecto a ella.

4. El espesor de las capas: al terminar la compactación de las mezclas, el espesor resultante no tendrá variación mayor o menor de 15 % con respecto al valor promedio de 6 perforaciones alternadas por kilómetro.
5. La medición: se medirá por el número de cuadrados de cada capa tendida y compactada.



BIBLIOGRAFÍA

AGUADO CRESPO, F.: *Introducción a la construcción*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1974.

AROZARENA, L. E.: *¿Cómo construir mi vivienda?*, Ministerio de la Construcción, La Habana, 2003.

BAYKOV, V. N. y S. G. STORNI: *Estructuras de construcción*, Ed. MIR, Moscú, 1982.

DYUNOV, N. L.: *Instalaciones eléctricas en los edificios*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1977.

GORCHAKOV, G. I.: *Materiales de construcción*, Ed. MIR, Moscú, 1984.

HIDALGO, R.: *Instalaciones hidráulicas y sanitarias*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1981.

HOWLAND ALBEAR, J. J.: *Tecnología del hormigón*, Ministerio de la Construcción, La Habana, 2008.

ISPETP: *Materiales y productos para la construcción*, La Habana, 2004, en: CD de la carrera de Construcción, versión 3.

LIMA FRANCO, O. F.: *Materiales y productos para la construcción a pie de obra*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2014.

_____.: *Materiales y productos para la construcción*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2015.

LIMA FRANCO, O., R. SAINZ y HORTENSIA GUTIÉRREZ: *Aplicación de los materiales en la construcción*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1991.

MIAKI, A. y E. TÁPANES: *Conservación y recuperación de edificios*, Dirección ETP, La Habana, 1985.

MICONS: *Manual de autoconstrucción*, Editorial Científico Técnica, La Habana, 1984.

_____.: Norma cubana: *Áridos, cemento, morteros, hormigones hidráulicos, carpintería, acero, cerámica, geotecnia y pinturas*, La Habana, 2000-2010.

_____.: *Regulaciones de la construcción: movimiento de tierra, cimentaciones, estructuras, albañilería, instalaciones, terminaciones y muebles sanitarios*, La Habana, 2000-2010.

O'RELLY Díaz, V. A.: *Métodos para dosificar hormigón de elevado desempeño*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2012.

ORUS Asso, F.: *Materiales de construcción* [s. n.], La Habana, 1968.

RODRÍGUEZ, R. J.: *El servicio ingeniero en los proyectos de construcción. Manual*, Ed. Obras, La Habana, 2009.

RODRÍGUEZ, R. J. y A. GALGUERA: *Manual del constructor de edificaciones*, Ministerio de la Construcción, La Habana, 2005.

SEQUEIRA, J. E.: *Temas sobre materiales de construcción*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1980.

SEQUEIRA, J. E. e I. ÁLVAREZ: *Lecciones de áridos*, MINED, 1974.

VELÁZQUEZ, M.: *Asfaltos*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1970.

