

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MATERIALES DE CONSTRUCCION EN INGENIERIA CIVIL

TESIS

Presentada a la Junta Directiva
de la Facultad de Ingeniería de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

POR:

MARCO ANTONIO MOLINA HIGUEROS

Al conferirsele el título de:

INGENIERO CIVIL

Guatemala, noviembre de 1,996.

08
T(3861)
C.A

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

MATERIALES DE CONSTRUCCION EN INGENIERIA CIVIL

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 3 de julio de 1,996.

MARCO ANTONIO MOLINA HIGUEROS

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Escuela de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Herbert Miranda Barrios
VOCAL 1ro.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2do.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3ro.	Ing. Juan Adolfo Echevería Méndez
VOCAL 4to.	Br. Fernando Waldemar de León Contreras
VOCAL 5to.	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO:	Ing.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podzueck
EXAMINADOR:	Ing. Edgar Vinicio Quiñónez de la Cruz
EXAMINADOR:	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR:	Ing. Arlington Samuel Marroquín
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López



Guatemala, 23 de octubre de 1,996.

Ingeniero
Javier Quiñonez de la Cruz
Jefe del Area de Materiales
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería, USAC.

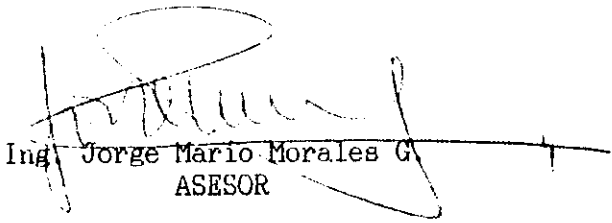
Ingeniero Quiñonez:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis titulado "MATERIALES DE CONSTRUCCION EN INGENIERIA CIVIL", realizado por el estudiante universitario Marco Antonio Molina Higueros, para el cual, el suscrito fue nombrado asesor del mismo.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Molina Higueros, es de especial importancia pues proporciona valiosa información relacionada con la tecnología de los materiales de construcción en Guatemala, además de constituirse en un importante documento de consulta tanto para estudiantes como profesionales de la ingeniería civil.

Despues de la revisión del mismo considero que se ha cumplido con el proyecto de investigación programado, por lo que de mi parte, queda aprobado el presente trabajo de tesis para su impresión y publicación.

Atentamente,


Ing. Jorge Mario Morales G.
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,
24 de octubre de 1,996

Ingeniero Jack Douglas Ibarra,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil,
Facultad de Ingeniería.

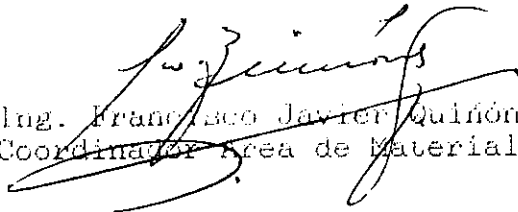
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el
trabajo de tesis **MATERIALES DE CONSTRUCCION EN
INGENIERIA CIVIL**, desarrollado por el estudiante
universitario **Marco Antonio Molina Higueros**, quien
contó con la asesoría del Ingeniero Jorge Mario
Morales.

Considero que el trabajo cumple con los
objetivos para los cuales fué planteado, por lo que
recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAN A TODOS"


Ing. Francisco Javier Quinones
Coordinador Area de Materiales

FJQ/lpc

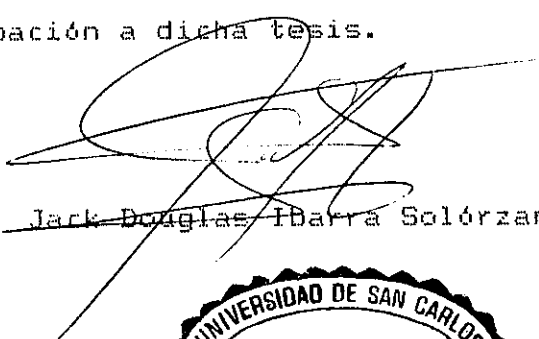


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Mario Morales G. y como coordinador Area de Materiales Ing. Francisco Javier Quiñonez, trabajo de tesis del estudiante Marco Antonio Molina Higueros, titulado "MATERIALES DE CONSTRUCCION EN INGENIERIA CIVIL", da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. ~~Jack Douglas Ibarra Solórzano~~



Guatemala, noviembre 1, 1996.

JDIS/isa.



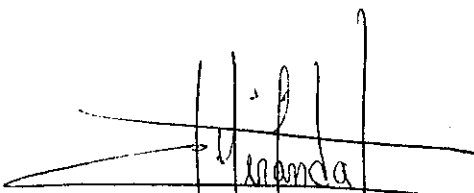
FACULTAD DE INGENIERIA

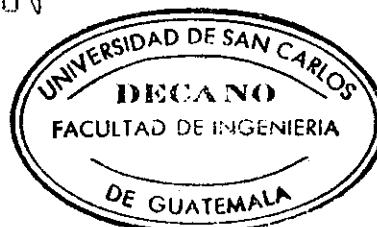
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis **MATERIALES DE CONSTRUCCION EN INGENIERIA CIVIL**, del estudiante Marco Antonio Molina Higueros.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DÉCANO



Guatemala, noviembre de 1,996

/isa.

TESIS QUE DEDICO

**A: MIS PADRES
MI HERMANA
MIS ABUELOS
MIS TIOS
MIS PRIMOS
GUATEMALA**

AGRADECIMIENTOS

- A Dios Todopoderoso.
- A mi asesor y amigo Ingeniero Civil Jorge Mario Morales González, por la revisión y asesoría en el presente trabajo de tesis.
- A mis catedráticos cuya función dentro de las aulas de la Facultad de Ingeniería fue constructiva.
- A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

INDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	i
OBJETIVOS	ii
CAPITULO 1	
LA NATURALEZA DEL PROBLEMA	
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 MATERIALES DE INGENIERIA	1
1.3 SELECCION DE MATERIALES	1
1.4 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	2
1.5 ENSAYO E INSPECCION DE LOS MATERIALES	3
1.6 INTERPRETACION DE ENSAYOS	4
1.7 NORMALIZACION	5
1.8 AGENCIAS DE NORMALIZACION	6
1.8.1 AGENCIAS INTERNACIONALES	6
1.8.2 AGENCIAS REGIONALES	6
1.8.3 AGENCIAS NACIONALES	6
CAPITULO 2	
MATERIALES ORGANICOS	
2.1 INTRODUCCION	8
2.2 MADERAS	8
2.2.1 FUNDAMENTOS	8
2.2.1.1 ESTRUCTURA DE CRECIMIENTO	8
2.2.1.2 CLASIFICACION DE LAS ESPECIES	8
2.2.1.3 MADERA PARA CONSTRUCCION	12
2.2.1.4 PRODUCTOS DERIVADOS DE LA MADERA	16
2.2.2 CARACTERISTICAS	17
2.2.2.1 PROPIEDADES	17
2.2.2.2 DETERMINACION DE PROPIEDADES	18
2.2.2.3 INFESTACION	20
2.2.3 DEFECTOS	21
2.2.3.1 DEFECTOS NATURALES	21
2.2.3.2 DEFECTOS QUIMICOS	23
2.2.3.3 DEFECTOS DE SAZONAMIENTO	24
2.2.4 PRESERVACION	24
2.2.4.1 TIPOS DE PRESERVACION	24
2.2.4.2 METODOS DE PRESERVACION	25
2.2.5 USOS	26
2.2.5.1 ESTRUCTURALES	26
2.2.5.2 OBRAS FALSAS	27
2.2.5.3 EBANISTERIA	28
2.2.6 CORCHO, CAÑAS, CUERDAS Y COLAS	28
CAPITULO 3	
MATERIALES AGLOMERANTES Y MORTEROS	
3.1 INTRODUCCION	32
3.2 CLASIFICACION	32
3.3 CAL	32
3.3.1 PROPIEDADES DE LA CAL	

3.3.2	USO DE LA CAL EN LA CONSTRUCCION	34
3.3.3	CLASIFICACION DE LA CAL	35
3.4	YESOS	36
3.4.1	CLASES DE YESOS	37
3.4.2	ENSILADO O ALMACENAMIENTO	38
3.4.3	APLICACIONES DEL YESO	38
3.5	PUZOLANAS	38
3.5.1	PUZOLANAS NATURALES	39
3.5.2	PUZOLANAS ARTIFICIALES	39
3.5.3	ACCION DE LAS PUZOLANAS	39
3.6	CEMENTOS	40
3.6.1	BOSQUEJO HISTORICO	40
3.6.2	CLASIFICACION	40
3.6.3	CEMENTO PORTLAND	40
3.7	MORTEROS	45
3.7.1	DOSIFICACION DE MORTEROS	46
3.7.2	RENDIMIENTO DE LOS MORTEROS	46
3.7.3	POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DE LOS MORTEROS	46
3.7.4	MORTEROS MIXTOS O BASTARDOS DE CEMENTO	46
3.7.5	MORTEROS DE YESO	47
CAPITULO 4		
CONCRETO		
4.1	INTRODUCCION	48
4.2	MATERIALES CONSTITUYENTES	48
4.2.1	CEMENTOS	48
4.2.2	AGUA	48
4.2.3	AGREGADOS	48
4.2.4	ADITIVOS	49
4.3	DOSIFICACION DEL CONCRETO	51
4.4	TECNICAS EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DE CONCRETO	53
4.5	CURADO DEL CONCRETO	54
4.6	PRUEBAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO	54
4.6.1	CLASE DE PRUEBAS, FRECUENCIA	55
4.6.2	AGREGADOS	56
4.6.3	CONCRETO FRESCO	57
4.6.4	CONCRETO ENDURECIDO	60
CAPITULO 5		
MATERIALES METALICOS		
5.1	INTRODUCCION	62
5.2	OBTENCION Y PROPIEDADES GENERALES DE LOS METALES	62
5.3	HIERRO	65
5.3.1	MATERIAS PRIMAS	65
5.3.2	FUNDENTES	65
5.3.3	COMBUSTIBLES	65
5.4	PROPIEDADES DEL HIERRO	66
5.4.1	ACEROS FORJADOS	66
5.4.2	ACEROS ESTRUCTURALES	66
5.4.3	ACEROS AL CARBON ORDINARIOS	69
5.4.4	FORMAS COMERCIALES DE LOS PRODUCTOS FERROSOS	70
5.5	COBRE, PLOMO, CINC, ESTAÑO, ALUMINIO, CROMO Y NIQUEL	75

CAPITULO 6

POLIMEROS ORGANICOS, RESINAS SINTETICAS

6.1 INTRODUCCION	81
6.2 ESTRUCTURAS DE LOS POLIMEROS	81
6.3 CLASIFICACION	82
6.4 PRINCIPALES TERMO-PLASTICOS	82
6.5 PRINCIPALES TERMO-ESTABLES	87

CAPITULO 7

MATERIALES AGLOMERADOS

7.1 INTRODUCCION	89
7.2 PRODUCTOS CERAMICOS	89
7.2.1 BALDOSAS DE CERAMICA	89
7.2.2 LADRILLOS	90
7.2.3 TEJAS	90
7.2.4 ADOBES	91
7.2.5 OTROS PRODUCTOS	91
7.3 PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO	92
7.3.1 BLOQUES DE CEMENTO	92
7.3.2 TUBERIA DE CONCRETO	93
7.3.3 BALDOSAS O PISOS DE CEMENTO	93
7.3.4 LADRILLOS DE TERRACRETO	94
7.3.5 PREFABRICADOS	95
7.4 FIBROCEMENTO	95
7.4.1 FABRICACION	95
7.4.2 PROPIEDADES	96
7.4.3 PRODUCTOS OBTENIDOS DEL FIBROCEMENTO	96

CAPITULO 8

VIDRIO

8.1 INTRODUCCION	98
8.2 MATERIA PRIMA	98
8.3 ELABORACION Y MOLDEO	100
8.4 CLASIFICACION	102
8.5 PROPIEDADES	103
8.6 FORMAS COMERCIALES	103

CAPITULO 9

PINTURAS

9.1 INTRODUCCION	106
9.2 CLASIFICACION	106
9.3 PIGMENTOS	106
9.4 AGLUTINANTES	106
9.5 TECNICA DE LA PINTURA	107
9.6 PROPIEDADES FISICAS DE LA PINTURA Y SU DETERMINACION	108

CONCLUSIONES

iii

RECOMENDACIONES

iv

REFERENCIAS

v

BIBLIOGRAFIA

vi

APENDICE

INTRODUCCION

En Guatemala, como en la mayoría de los países de Centro América, no existe literatura sobre materiales de construcción que abarque todos o gran parte de los mismos; las que existen son orientadas a algunos materiales solamente, no existiendo una guía que proporcione de manera rápida y sencilla, información sobre cualquier material de construcción a utilizar. Teniendo que recurrirse a literatura extranjera, norteamericana y europea en su mayoría, la cual no es del todo aplicable en los distintos países debido al uso que se hace de los materiales y las técnicas seguidas en los mismos.

Con el fin de unificar la inmensa mayoría de materiales de construcción en un solo documento, el cual proporcione una síntesis sobre las normas, procesos de preparación o fabricación, aplicación y ensayo de los Materiales de Construcción, se elaboró esta tesis; en la cual se incluyen los materiales más utilizados en Guatemala actualmente, agrupados según su origen o clase e importancia.

Además este documento puede llegar a constituirse como material de guía y apoyo para los estudiantes, del curso "Materiales de Construcción", y cualquier otra persona relacionada con la industria de la construcción.

OBJETIVOS

1. Elaborar una fuente de información actualizada, y que cubra la mayor parte de los materiales utilizados en la construcción.
2. Presentar la información en forma ordenada y clasificando los materiales según su tipo e importancia, constituyendo así un documento de fácil comprensión para personas que estén relacionadas con la construcción, tanto a nivel profesional como estudiantil.
3. Establecer las características básicas y los requerimientos de los materiales para su identificación y empleo adecuado en la ejecución de obras de construcción.
4. Proporcionar ciertos parámetros de utilidad para la realización e interpretación de los ensayos de materiales.

CAPITULO 1

LA NATURALEZA DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCION

El uso extensivo de los estudios experimentales preliminares al diseño y construcción de nuevos elementos mecánicos o estructurales y el uso de procedimientos de ensayo para control de procesos establecidos de manufactura y construcción, son hechos significantes y bien conocidos del desarrollo técnico. Prácticamente todas las ramas de la ingeniería, especialmente aquellas que tratan con estructuras y máquinas, conciernen íntimamente a los materiales.

La producción masiva satisfactoria depende de la inspección y control de la calidad de los productos manufacturados, lo que implica un sistema de muestreo y ensayo. La preparación de especificaciones adecuadas y la aceptación del material comprado de acuerdo con las especificaciones involucra la comprensión de los métodos de ensayo e inspección. El arreglo de las disputas relacionadas con las fallas y la calidad subnormal casi invariablemente demanda investigaciones que involucren ensayos físicos. La investigación de ingeniería y la función de desarrollo en gran escala, con base experimental, demandan ensayos bien estudiados y cuidadosamente planeados.

Para la inteligente estimación y el uso de los resultados de los ensayos, es importante para los ingenieros, aun para aquellos no ocupados en la labor de ensayo real, poseer una comprensión general de los métodos comunes de ensayo de las propiedades de los materiales, y de lo que constituye un ensayo válido.

1.2 MATERIALES DE INGENIERIA

Los principales materiales usados en la construcción incluyen los metales y las aleaciones, la madera, el concreto, las mezclas bituminosas, los productos de barro, los materiales de mampostería y los plásticos. La función principal de los materiales de construcción consiste en desarrollar resistencia, rigidez y durabilidad adecuadas al servicio para el cual fueron concebidos. Estos requerimientos definen en gran parte las propiedades que los materiales deben poseer.

1.3 SELECCION DE MATERIALES¹

La serviciabilidad, es el criterio último en la selección de materiales. Otro criterio importante lo constituye el ensayo, que contribuye a predecir o garantizar el desempeño deseado de los materiales en condiciones de servicio. No obstante, en la selección de materiales para la construcción, los problemas de la calidad del material, del diseño, y del uso se interrelacionan. Debe advertirse de paso que un buen material, el diseño y detalles de construcción correctos, no pueden hacer otra cosa que garantizar que una construcción particular resultará satisfactoria dentro de los límites del uso asignado, aunque el material que pueda resistir el mayor abuso ciertamente posee una ventaja sobre sus competidores.

En la selección de materiales, el diseñador dispone de dos fuentes de las cuales puede obtener información: (1) el conocimiento o los antecedentes de desempeño de los materiales en servicio real y (2) los resultados de los ensayos realizados para aportar datos sobre el desempeño. Con base en esa información se prepara una especificación.

Para convertir un diseño en una construcción real, es necesario para el constructor elegir de entre una variedad de grados de material disponibles, aquél que el diseñador haya tenido en mente y ensayado especificar. Por lo tanto, los ensayos se necesitan para "identificar" el material deseado.

A continuación se presenta un resumen de las consideraciones involucradas en la selección de materiales en lo respectivo a los problemas de diseño y fabricación.

1. Clases de materiales disponibles.
2. Propiedades de varios materiales.

¹ Según referencia No. 5.

3. Requerimientos de servicio de los materiales
4. Economía relativa de varios materiales y varias formas de un material particular.
5. Métodos de preparación o fabricación de varios materiales o productos y la influencia de los procesos sobre sus propiedades.
6. Métodos de especificación y su relación con la uniformidad y la dependabilidad del producto logrado.
7. Métodos de ensayo e inspección y su significación con respecto a las medidas de las propiedades deseadas.

1.4 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Una clasificación parcial de las propiedades de los materiales de ingeniería se ofrece en la Tabla 1.1. Sin embargo debido al comportamiento de las estructuras con la carga aplicada, la resistencia es de mayor importancia, siendo ésta una propiedad mecánica; un requerimiento inicial de cualquier material de ingeniería es una resistencia adecuada. En su más amplia aceptación el término resistencia puede suponerse que se refiere a la resistencia a la falla de una pieza completa de material, una pequeña parte de ella, o aun la superficie. El criterio de la falla puede ser la ruptura o la deformación excesiva.

El conocimiento completo del comportamiento de un material dado involucraría el estudio de todas sus propiedades bajo un muy amplio rango de condiciones, mas la realización de los ensayos exhaustivos necesaria para obtener información completa, usualmente no sería necesaria o económicamente viable. El problema, pues, consiste en recabar datos acerca de esas propiedades que puedan influir en el valor económico y la servicialidad de un material, o un producto hecho de un material dado, para un propósito dado. La eficiencia relativa de un material para un uso específico depende del grado al cual las propiedades pertinentes estén presentes. Para algunos usos, una propiedad puede ser muy deseable, mientras que para otros usos puede ser indeseable o aun peligrosa.

TABLA 1.1:

UNA CLASIFICACION DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE INGENIERIA²

Clase	Propiedad	Clase	Propiedad
Físicas	Dimensiones, forma. Densidad o gravedad específica. Porosidad. Contenido de humedad. Macroestructura. Microestructura.	Mecánicas	Resistencia: Tensión, compresión, cortante, y flexión estática, impacto, y tenacidad. Rigidez. Elasticidad, plasticidad. Ductilidad, fragilidad. Dureza, resistencia al desgaste.
Químicas	Oxido o composición compleja. Acidez o alcalinidad. Resistencia a la corrosión o la intemperie, etc.	Térmicas	Calor específico. Expansión Conductividad
Fisicoquímicas	Acción hidroabsorbente o hidrorrepelente. Contracción y dilatación debidas a cambios de humedad.	Eléctricas y magnéticas	Conductividad Permeabilidad magnética. Acción galvánica.
		Acústicas	Transmisión del sonido. Reflexión del sonido.
		Ópticas	Color Transmisión de la luz. Reflexión de la luz.

² Tomado de referencia No. 5.

1.5 ENSAYO E INSPECCION DE LOS MATERIALES³

1.5.1 ENSAYO DE LOS MATERIALES

El ensayo de los materiales puede efectuarse con uno de tres objetivos como meta: (1) aportar información rutinaria acerca de la calidad de un producto-ensayo comercial o de control; (2) recabar información nueva o mejor acerca de materiales conocidos o desarrollar nuevos materiales y labor de desarrollo; o (3) obtener medidas exactas de las propiedades fundamentales o constantes físicas-medición científica.

Estos objetivos deben discernirse claramente para empezar ya que ellos generalmente afectan el tipo de equipo de ensayo y medición a usar, la deseada precisión de la labor, el carácter del personal a emplear, y los costos involucrados.

El ensayo comercial se preocupa, principalmente, ya sea por la verificación de la aceptabilidad de los materiales bajo especificaciones de adquisición o por el control de la producción o fabricación. Generalmente, el tipo de ensayo ha sido especificado, aunque como una guía para la calidad de medición pueda resultar completamente arbitraria; se utilizan los procedimientos normales y el objeto consiste simplemente en determinar si las propiedades de un material o de una parte de él quedan dentro de los límites requeridos. No se necesita un alto grado de refinamiento, aunque frecuentemente los límites de exactitud se especifican.

Los propósitos comunes de la investigación de materiales son:

(1) arribar a un nuevo entendimiento de los materiales conocidos, (2) descubrir las propiedades de materiales nuevos, y (3) elaborar normas de calidad o procedimientos de ensayo significativos. Además puede existir el objetivo específico de elegir un material para un uso particular, de determinar los principios para mejorar el diseño con un material dado, o estudiar el comportamiento de la parte o estructura después de haberla hecho.

Aunque muchas investigaciones son de naturaleza más o menos rutinaria, también hay muchas que demandan una gran variedad de ensayos y mediciones, requieren la apreciación de todas las fases del problema general, y plantean exigencias extremas de la habilidad, del ingenio, y los recursos del experimentador si el éxito ha de lograrse.

La meta del ensayo científico es la acumulación de un acervo de información ordenado y confiable acerca de las propiedades fundamentales y útiles de los materiales, con la mira final de aportar datos para el análisis exacto del comportamiento estructural y el diseño eficiente.

Se puede distinguir entre experimento y ensayo, aunque su uso en relación con estas ideas frecuentemente es vago. La experimentación involucra la idea de que el desenlace puede ser incierto, qué resultados hasta entonces desconocidos pueden surgir. El ensayo involucra la idea de un procedimiento más o menos establecido y de que los límites de los resultados generalmente se definen.

Por conveniencia, se puede diferenciar entre los ensayos de campo y los ensayos de laboratorio. Debido a las condiciones de trabajo difíciles o azarosas, la interferencia, las limitaciones de tiempo, y las condiciones climáticas variables, los ensayos realizados en el campo usualmente carecen de la precisión de ensayos similares efectuados en el laboratorio; sin embargo, el desempeño del trabajo laboratorial no garantiza necesariamente la precisión. Ciertos tipos de ensayos, como por ejemplo, el análisis de criba de la grava, pueden ser realizados con la misma exactitud por un inspector en la obra que por un técnico en el laboratorio. Por otra parte, algunos ensayos no pueden realizarse en el laboratorio, de modo que la cuestión del campo contra el laboratorio no es pertinente.

Con respecto al método general de ataque y a la interpretación de los resultados, es deseable distinguir entre:

1. Ensayos en estructuras, miembros, o partes de tamaño natural.
2. Ensayos en modelos de estructuras, miembros o partes.
3. Ensayos en probetas cortadas de las partes acabadas.

³ Según referencia No. 5.

4. Ensayos en muestras de materiales naturales o transformados.

Debe advertirse de paso que el ensayo a base de modelos, el cual ha crecido en interés marcadamente en años recientes, frecuentemente demanda la satisfacción de un número de exigentes requerimientos para lograr resultados válidos.

Con respecto a la utilizabilidad de un material o una parte después del ensayo, los ensayos pueden clasificarse como destructivos o no destructivos. Los ensayos para determinar la resistencia última naturalmente implican la destrucción de la muestra. Como no puede ensayarse así un lote completo, surgen problemas para obtener una indicación confiable de la resistencia del lote mediante el uso de un número de muestras suficiente, así como de mantener dentro de límites razonables el costo del material para muestras. Para productos terminados resulta deseable utilizar ensayos no destructivos si es posible.

1.5.2 INSPECCION DE LOS MATERIALES

Aunque sus funciones se empalman, es deseable distinguir entre el ensayo, como tal, y la inspección. Específicamente, el ensayo se relaciona con la realización física de las operaciones (ensayos) para determinar las medidas cuantitativas de ciertas propiedades. La inspección cubre la observación de los procesos y productos de fabricación o construcción con el propósito de garantizar la presencia de las cualidades deseadas. En muchos casos la inspección puede ser enteramente cualitativa e involucra solamente la observación visual de la corrección de las operaciones o dimensiones, la detección de defectos superficiales, o posiblemente la indicación de la presencia o ausencia de condiciones indeseables, tales como la humedad o la temperatura excesivas. Por otra parte, la inspección puede implicar la realización de ensayos complicados para averiguar si los requerimientos de las especificaciones han sido satisfechos. La inspección propugna el control de la calidad por medio de la aplicación de criterios establecidos e implica la idea de rechazar un material subnormal. Al ensayar, la meta es determinar la calidad, es decir, averiguar los hechos irrespectivamente de las implicaciones de los resultados.

En algunas organizaciones, las fuerzas de inspección pueden ser consideradas un grupo administrativo, el cual realiza únicamente exámenes simples y envía muestras seleccionadas al departamento de ensayo. En otras organizaciones, el ingeniero de ensayo es también el jefe de inspecciones y tiene a su cargo el ensayo rutinario y la labor de investigación y desarrollo.

La investigación involucra tanto las relaciones humanas como las obligaciones técnicas. No todas las personas pueden ser buenos inspectores.

1.6 INTERPRETACION DE ENSAYOS⁴

Los conceptos que se tienen de las propiedades de los materiales están usualmente idealizados y sobresimplificados. En realidad, no se determinan las propiedades, en el sentido de que se deriven algunos valores inmutables que describen definitivamente el comportamiento del material. Más bien, se obtiene solamente medidas, indicaciones o manifestaciones de las propiedades descubiertas en muestras de materiales ensayados en ciertos grupos de circunstancias. Por ejemplo, en un ensayo de tensión del acero el porcentaje de alargamiento en una longitud escalar dada se utiliza como una medida de ductilidad. Simultáneamente, y hasta el grado posible, se intenta evitar condiciones de ensayo que arbitrariamente restrinjan el significado general de la medida cuantitativa obtenida en un ensayo; por ejemplo, se cree que los resultados de un ensayo de tensión dan una indicación confiable de la propiedad macroscópica de la resistencia a la tensión en tensión uniaxial. Las medidas que se obtienen dependen de las condiciones de ensayo, las cuales incluyen la manera en que la muestra se toma y prepara, como de los procedimientos particulares involucrados al realizar el ensayo. Por lo tanto, una implicación del "significado de los ensayos" tiene que ver con la confiabilidad de los ensayos para arrojar medidas de las propiedades que deban determinar.

El significado real de cualquier ensayo reside en el grado al cual el mismo capacita para predecir el desempeño de un material en servicio. Un ensayo puede tener significado en una de dos maneras: (1) puede medir adecuadamente una propiedad que sea suficientemente básica y representativa para que los resultados de los ensayos puedan utilizarse directamente en el diseño, o (2) el ensayo, aun cuando sea muy arbitrario, sirve

⁴ Según referencia No. 5.

para identificar los materiales que la experiencia ha comprobado que arrojan un desempeño satisfactorio. Por ejemplo, en conexión con el diseño de una barra tensora para la estructura de un puente, un ensayo de tensión en una muestra debidamente seleccionada del acero arrojará un valor que al ser modificado por un factor de seguridad conveniente, pueda tomarse como el esfuerzo de trabajo admisible. Por otra parte, por ejemplo, el ensayo Charpy de impacto de los metales es uno que tiene significado en relación con el uso de un material solamente por la correlación de los resultados del ensayo con el desempeño de ese material en servicio. Sus resultados no pueden utilizarse directamente en ningún diseño como los valores de resistencia. No obstante, se ha descubierto que, para ciertos tipos de servicio, pueden esperarse fallas si los valores de Charpy son muy inferiores a un valor dado. Este ensayo tiene entonces significado en cuanto a que coadyuva a la eliminación de aceros inapropiados para un uso particular. El ensayo que arroje una indicación directa del desempeño esperado depende en gran medida del estado de desarrollo de las artes del ensayo y del análisis de los esfuerzos.

Un hecho sobresaliente a advertir en un estudio de los datos de ensayos detallados y en los resultados de las investigaciones en general, es la variación de las medidas cuantitativas de las propiedades dadas. Esto puede deberse parcialmente a la carencia de precisión absoluta de las operaciones de ensayo, pero también a la variación real de una propiedad dada entre las muestras. Los materiales no son homogéneos; dentro de ciertos límites, su composición puede estar gobernada enteramente por el azar, de modo que una descripción de su comportamiento puede descansar en gran medida sobre una base estadística. Para arribar a una interpretación inteligente de los resultados, tanto con respecto al significado de la variación entre las muestras o las partes de una muestra como a la relación con un lote completo o la pieza de material de tamaño natural, deben tomarse en cuenta los requerimientos de la teoría del ensayo y la naturaleza estadística de los datos. Aún más, en aras del ensayo eficiente y de los resultados confiables, el mismo debe "diseñarse" de tal modo que la precisión de las diversas mediciones u operaciones involucradas sea consistente de principio a fin.

1.7 NORMALIZACION⁵

Un notable desarrollo de las pasadas décadas, particularmente en lo concerniente a los materiales, ha sido la preparación y el uso de "normas". Una norma para un material es por lo general el resultado de un acuerdo entre los interesados en un campo particular e involucra la aceptación para su uso de las agencias participantes.

Eso no implica necesariamente, sin embargo, el grado de permanencia usualmente conferido a las normas dimensionales, porque el avance técnico en un campo dado usualmente demanda una revisión periódica de los requerimientos. Algunos de los diversos tipos de agencias normativas son compañías independientes, asociadas comerciales, sociedades técnicas y profesionales, y organismos y departamentos de los gobiernos municipales, estatales y nacionales. La amplitud de la aceptación depende hasta determinado grado de la esfera de influencia y la autoridad de la agencia normativa. Según el procedimiento normativo seguido por las agencias normativas más importantes, un periodo de negociación, formulación y ensayo usualmente precede el uso de una especificación como norma, a modo de poseer la certeza de que sea viable.

Una norma implica métodos de ensayo normales y ocasionalmente también definiciones normativas. En algunos casos, los métodos de ensayo se incorporan a una especificación de materiales. Por otra parte, algunas agencias normativas establecen métodos de ensayo además de las especificaciones de materiales y hacen referencia obligatoria a los métodos de ensayo.

Las normas apropiadamente redactadas y susceptibles de ponerse en vigor pueden tener un valor inmenso para la industria. Algunas de las ventajas que pueden citarse para las normas de materiales son:

1. Usualmente representan el conocimiento combinado del productor y del consumidor y reducen la posibilidad de que surjan malentendidos a un mínimo.
2. Ofrecen al fabricante una norma de producción, tienden a arrojar un producto más uniforme y reducir el número de variedades requerido en existencia, bajando así el consiguiente desperdicio y, por lo tanto, el costo.
3. Reducen los costos unitarios al tornar posible la producción en masa de artículos normalizados.
4. Permiten al consumidor usar una especificación ya ensayada y que puede ponerse en vigor.

⁵ Según referencia No. 5.

5. Permiten al diseñador elegir un material con la certeza razonable de adquirirlo.
6. Simplifican la preparación de especificaciones para uso especial porque las especificaciones normales publicadas pueden incorporarse por referencia.
7. Ayudan al agente de compras a conseguir cotizaciones verdaderamente competitivas y compararlas.
8. Establecen el procedimiento para normas de ensayo en el campo comercial y por ello permiten la comparación de los resultados de los ensayos obtenidos en diferentes laboratorios.

En el desarrollo inicial de un procedimiento de ensayo normal, frecuentemente las organizaciones cooperativas realizan una considerable investigación para desarrollar un procedimiento que arroje resultados de ensayo reproducibles y significativos.

La desventaja de las normas es que tienden a estereotipar las prácticas que puedan estar solamente en etapa de desarrollo y así obstruyen el progreso donde más se le necesita. Por esta razón, las normas deben quedar bajo la jurisdicción de una agencia bien informada y completamente imparcial.

Las especificaciones para materiales y métodos de ensayo deben someterse a una continua revisión para determinar su adecuación en condiciones cambiantes. Asimismo, varios códigos basados en estas normas deben revisarse continuamente.

1.8 AGENCIAS DE NORMALIZACION

Como la normalización tiene una influencia tan importante en los métodos de ensayo ordinarios, resulta deseable para el ingeniero poseer alguna familiaridad con la naturaleza y las publicaciones de las agencias que han promulgado algunas de las especificaciones de los materiales extensamente usados y los métodos de ensayo.

La labor de la normalización incluye en general (1) el desarrollo de los métodos de ensayo para los materiales, (2) el establecimiento de definiciones normales, (3) la formulación de especificaciones de materiales y (4) la formulación de prácticas recomendables que influyen en varios procesos de utilización de materiales. Los comités encargados del desarrollo de las especificaciones estudian primeramente los materiales en sus campos respectivos y fomentan la necesaria investigación sobre la cual debe basarse la labor de la normalización.

Existen tres tipos de organizaciones que regulan o norman los materiales: Internacionales, regionales y nacionales.

1.8.1 AGENCIAS INTERNACIONALES

Agencias como la Organización Internacional de Normas (ISO - International Standard Organization), se encargan de recopilar y elaborar normas y especificaciones para materiales, procesos, servicios, etc.; estas normas tienen el fin de unificar los criterios tomados alrededor del mundo en materia de normas.

Las normas elaboradas por estos organismos no son seguidas rigurosamente en las distintas regiones del globo, ya que en estas existen agencias regionales que elaboran normas con ciertas modificaciones para poder adecuarlas a sus propias condiciones y requerimientos.

Existen otras organizaciones que no son internacionales, pero por su importancia y la afinidad de sus normas son utilizadas en otros países como obligatorias tal es el caso en Guatemala del uso de normas como las de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM - American Society for Testing and Materials).

1.8.2 AGENCIAS REGIONALES

Como ya se mencionó las agencias regionales son las encargadas de elaborar y recopilar normas para una determinada región, teniendo sus normas más aceptabilidad que las normas internacionales debido a que están adecuadas a los requerimientos específicos de la región.

1.8.3 AGENCIAS NACIONALES

En Guatemala la entidad encargada de normalizar es la "Comisión Guatemalteca de Normas" COGUANOR y sus funciones son las siguientes: a) Dirigir, coordinar y unificar las actividades y las políticas del país en materia de fijación de normas, b) Estudiar, elaborar, modificar y proponer al Organismo Ejecutivo por

conducto del Ministerio de Economía, la Adopción de Normas formuladas, c) Constituir los Comités Técnicos de Trabajo para el estudio, elaboración y en su caso, modificación de cada Norma en particular, d) Vigilar la aplicación de las Normas Adoptadas, e) Establecer y mantener relaciones con las Organizaciones Internacionales y Regionales de Fijación de Normas, f) Tener bajo su jurisdicción todos los demás asuntos relacionados con la Fijación de Normas en Guatemala y g) Verificar el cumplimiento de las Normas vigentes.

Para la elaboración de las Normas, la COGUANOR solicita durante el último trimestre del año a las diferentes entidades representadas en la misma, así como también a otras entidades oficiales o no, relacionadas con actividades industriales, agrícolas y comerciales, que propongan los temas para la elaboración de Normas necesarias para promover el desenvolvimiento ordenado de sus actividades. Con base al listado recopilado, el Consejo Directivo de la COGUANOR, decide los temas a normalizar durante el año.

El proceso que se sigue una vez una propuesta de Norma ha sido elaborada es el siguiente:

La propuesta elaborada es enviada a encuesta pública, en la que participan todas las entidades gubernamentales o no relacionadas con el tema. Dichas entidades envían sus observaciones a la propuesta y si las mismas tienen fundamento técnico o económico, éstas se incorporan a la propuesta para así elaborar el proyecto de Norma.

El resultado de la encuesta pública es enviado a todas aquellas entidades que respondieron a la misma con el objeto de que estén enterados de los cambios realizados en la propuesta de Norma.

El Proyecto de Norma es estudiado y adoptado por el Consejo Directivo de la COGUANOR. Luego de ser adoptada, se envía al Organismo Ejecutivo, por conducto del Ministerio de Economía, para su aprobación por Acuerdo Gubernativo, el cual junto con la Norma es publicado en el Diario Oficial.

CAPITULO 2

MATERIALES ORGANICOS

2.1 INTRODUCCION

Los materiales orgánicos son, quizá, los materiales más antiguos para la construcción. En su uso por generaciones, se han encontrado formas de resolver algunas limitaciones al empleo de los materiales orgánicos naturales para construcción. Por ejemplo el problema de las propiedades altamente direccionales de la madera. Además del mejoramiento de su preservación y resistencia al ataque de cuerpos ajenos.

2.2 MADERAS

La madera es un polímero natural compuesto por células en forma de tubos largos y delgados con extremos ahusados. La pared de la célula consiste en celulosa cristalina, paralelamente alineada con el eje de la célula. La celulosa típica tiene varios miles de unidades moleculares de $C_6H_{10}O_5$ en cada cadena. Los cristales de la celulosa están ligados entre si por una compleja lignina amorfa, formada por compuestos de hidratos de carbono. La sustancia de la madera es 50 a 60% de celulosa y 20 a 35% de lignina y el resto son hidratos de carbono y minerales.

2.2.1 FUNDAMENTOS

2.2.1.1 Estructura de crecimiento¹

El tronco del árbol crece por el desarrollo de capas concéntricas de células en el exterior de la madera y bajo la corteza. El ciclo anual de crecimiento, ocasionado por las variaciones estacionales en temperatura y humedad, produce los conocidos anillos y vetas de la madera. Las células formadas durante el verano tienen paredes más gruesas con textura más cerrada y producen una sustancia más fuerte en la madera.

La mayoría de las células en la madera están orientadas en sentido vertical, pero algunas están orientadas en sentido radial, para servir como refuerzo en contra de la diseminación de las fibras verticales bajo la carga natural de compresión del tronco del árbol. Debido a su estructura de células dirigidas, la madera tiene mayor resistencia y rigidez en el sentido longitudinal que en los otros sentidos.

Conforme crece el árbol, las células en la parte central del tronco cesan de funcionar como células vivas y se vuelven parte del corazón muerto de la madera. Según aumenta el tamaño del árbol, el corazón aumenta de espesor hasta que representa una parte más grande del tronco que la albura, circundante. La densidad real del parénquima de la madera es, más o menos, la misma para todas las especies: 1.56. La densidad aparente es mucho menor, debido a los huecos (células vasculares) y a las grietas accidentales en la estructura celular. En las maderas comunes, la densidad varía desde 0.12 de la balsa hasta 0.74 del roble (encino). La resistencia y dureza de estas maderas tienen una variación similar.

La célula tiene una gran avidez por la humedad, debido a que contiene muchos grupos hidróxilo, que son fuertemente hidrófilos. Cuando están expuestas a la humedad, con frecuencia en la forma de aire con elevada humedad relativa, las paredes de las células de la madera absorben grandes cantidades de agua y se hinchan. Este proceso ocasiona que el agua absorbida neutralice las fuerzas intermoleculares entre macromoléculas de la celulosa, con lo que se reducen la resistencia y la rigidez de la madera.

2.2.1.2 Clasificación de las especies²

Para averiguar a qué especie pertenece una madera, pueden servir sus propiedades físicas de densidad, dureza, color, granos, vetas, etc.; pero la clasificación científica está basada en los caracteres histológicos de su estructura anatómica: vasos, fibras, parénquima, radios medulares, poros areolares, canales resiníferos, etc.

Por su estructura anatómica se clasifican las maderas en *coníferas* y *resinosas*, de la clase botánica de las gimnospermas, y *frondosas*, de las angiospermas dicotiledóneas.

¹ Según referencia No. 12.

² Según referencia No. 15.

A las coníferas pertenecen las especies más antiguas de fines de la era primaria, propias de las zonas frías y templadas; suministran las mejores y más preciadas maderas de construcción por sus características de trabajo y resistencias mecánicas.

Las frondosas aparecieron al final de la era secundaria; son propias de las zonas templadas y tropical; proporcionan las maderas aptas para ebanistería, por su aspecto y calidad.

En las frondosas, el tejido vascular es independiente del de sostén, y en las resinosas forman un solo elemento, a la vez conductor y de sostén, que son las traqueidas o fibras aeroladas. En las frondosas aparecen, además, los radios medulares y parénquima, y los radios medulares y canales resiníferos, en las coníferas o resinosas.

Especies más utilizadas en Guatemala.³

SWIETENIA MACROPHYLLA KING

Nombre común: Caoba.

Las características generales de la madera son: albura de color blanco o rosado, con vasos muy grandes, a veces abundantes. La madera tiene un olor fragante muy característico, su color es variable de rojizo, salmón, rosado hasta amarillento recién labrada; ya seca es roja, rojiza, morena clara u oscura. Muy durable. Por las características de esta madera se le considera excelente para trabajar. El uso es el siguiente: construcción de lujo, mueblería y ebanistería fina, decorados interiores, aserrío y chapas.

La distribución y zonas de vida de esta especie se localiza en los bosques de tipo húmedo subtropical (cálido), muy húmedo subtropical (cálido), de los departamentos de El Petén parte de Izabal, Alta Verapaz y en la Costa Sur del país.

CEDRELA ADORATA

Nombre común: Cedro.

Las características generales de esta madera son: albura de color crema rosado con un olor muy fuerte característico y sabor amargo. Su trabajabilidad es fácil por su fibra y compactación, los usos que se le dan a esta madera son: construcción de lujo, ebanistería, mueblería fina, chapas, aserrío y terciado. Se localiza en los bosques de tipo: húmedo subtropical (cálido) y muy húmedo subtropical (cálido), de la zona norte de los departamentos de El Petén, Izabal y parte de Alta Verapaz y El Quiché; así como en la Costa Sur.

ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM

Nombre común: Guanacaste o Conacaste.

Las características generales de esta madera son: duramen en tonos de café, ocasionalmente con rayas de pigmento de color oscuro. La fibra va de recta a estrechamente entrelazada. La madera normalmente es fácil de trabajar con herramientas manuales y/o con máquinas; puede alcanzar un buen acabado y cuenta con buena estabilidad dimensional; es considerada tan buena como el cedro, debido a su resistencia a la pudrición y a los ataques de insectos.

Generalmente es más liviana en peso que el cedro; su peso específico oscila entre 380 a 600. Kg./m.³

El uso industrial de la madera es carpintería y mueblería corrientes, chapas, construcción y aserrío. Esta especie se puede localizar con más frecuencia en los bosques de tipo muy húmedo subtropical (cálido), especialmente de la costa sur y algunas áreas del departamento de Izabal.

CALOPHYLLUM BRASILIENSE

Nombre común: Mario y Santa María.

Las características generales de esta madera son: duramen de color rosado a rojo ladrillo o de un café color rojizo rico y marcado por franjas más finas y levemente más oscuras sobre las superficies planas aserradas. La fibra entrelazada muestra una franja amplia en las superficies cuarteadas; el peso específico oscila entre 700 a 900 Kg./m.³. La madera es moderadamente fácil de trabajar y puede hacerse un trabajo de primera clase si se

³ Tomado de referencia No. 11.

pone atención a las operaciones de maquinaria. Al planificar operaciones es deseable que se use un ángulo de corte de 20 grados y velocidades de la máquina que produzcan aproximadamente 20 cortes por pulgada.

Es una de las especies más comúnmente usadas en los trópicos, especialmente para forros, pisos, construcción y mueblería fina, donde se requiere madera moderadamente durable y regularmente densa. La zona de vida de esta especie está en los bosques de tipo muy húmedo subtropical (cálido) y húmedo subtropical (cálido).

TERMINALIA AMAZONIA

Nombre común: Canxún, Canxán y Naranjo.

Las características generales de la madera son: de color amarillo olivo a café amarillento y comúnmente marcada con pigmento irregularmente espaciado en franjas rojas a café rojizas. Textura mediana, fibra variable, va de recta a entrelazada o con unas figuras de ondulado fino. El peso específico oscila entre 800 a 1100 Kg./m.³. Esta madera se puede utilizar para construcciones pesadas, mueblería corriente y durmientes. Se localiza en bosques de tipo húmedo subtropical (cálido) y muy húmedo subtropical (cálido), especialmente en la región norte del país en los departamentos de El Petén e Izabal.

VOCHYSIA HONDURENSIS

Nombre común: San Juan y Sayuc.

Las características generales de la madera son: duramen de color gris a café rosáceo; no siempre distinto de la albura. Textura gruesa; fibra ampliamente entrelazada. Se trabaja bien en máquinas pero se sabe que desgasta las herramientas rápidamente.

La madera delgada, aserrada tangencialmente es muy propensa a rajarse debido aparentemente a la fibra ampliamente entrelazada. Se seca rápidamente. Esta especie deberá aserrarse cuartoneada para aprovechar el movimiento radial tan bajo. La madera de color más claro es la más propensa a la descomposición. Su peso específico oscila entre 550 a 725 Kg./m.³. Esta madera se utiliza para carpintería barata, construcción y durmientes. Se localiza en los bosques de tipo muy húmedo subtropical (cálido) y húmedo subtropical (cálido).

ROSEODENDRON DONNELL SMITHII

Nombre común: Palo Blanco o Primavera.

Las características generales de la madera son: de color amarilla o amarillenta brillante, que en árboles añosos suele presentar zonas ligeramente morenas, de grano fino, textura media muy llamativa, compacta, moderadamente pesada, moderadamente fuerte, resistente y durable al abrigo. El peso específico de esta especie es de 450 a 650 Kg./m.³. La madera se utiliza para la fabricación de muebles finos, forros interiores y ebanistería. Esta especie se localiza en los bosques de tipo muy húmedo subtropical (cálido) y húmedo subtropical (cálido).

QUERCUS SP.

Nombre común: Encino o Roble.

Las características generales de la madera son: los Quercus criollos producen madera blanca, veteada, rojiza morena u oscura, pesada, de grano fino, de poro y grano variable con la especie pero siempre compacta, muy resistente, cuyos haces más o menos diferentes en tonalidades, le dan una preciosa apariencia de colorido y brillantez, de fácil pulimiento, muy resistente, elástica y durable, cualquiera que sea la especie. Las maderas de robles y encinos están consideradas entre las de más alta calidad. Se emplean en construcciones, mueblería fina, enchapado, revestimientos y decorados interiores, en carrocerías, durmientes, etc. Casi todas las especies producen abundantes frutos -bellotas- de gran valor en el forrajeo animal; (se usa mucho para leña), las hay de frutos muy ricos en aceite comestible. Este tipo de especies se localizan en los bosques de tipo húmedo subtropical, húmedo montano bajo subtropical, muy húmedo montano bajo subtropical y muy húmedo montano subtropical.

PINUS CARIBAEA MORELET

Nombre común: Pino del El Petén o Pino de Poptún.

Las características generales de la madera son: de color amarillento, es buena para construcciones en general; contiene abundante resina, lo cual hace de la especie apropiada para su explotación. Distribución: habita entre 100 y 400 metros sobre el nivel del mar, especialmente en Poptún y Dolores en el departamento de El

Petén; al este de Alta Verapaz y Norte de Izabal. Los usos que se le dan a esta madera son los siguientes: mueblería de segunda, forros, construcción y aserrio. Se localiza en el bosque de tipo muy húmedo subtropical.

PINUS OOCARPA SCHIEDE

Nombre común: Pino Colorado, Ocote y Chaj.

Las características generales de esta madera son: de color blanco amarillento en ejemplares jóvenes hasta rojiza en los adultos, debido a la acumulación de abundante resina. Es muy usada en construcciones. La distribución de esta especie se le encuentra entre los 500 y 2,400 metros sobre el nivel del mar, en el bosque de tipo: húmedo subtropical (templado). Se le encuentra en la mayoría de los departamentos de occidente así como en los departamentos de Santa Rosa y El Progreso, los usos que se le dan a esta madera son: aserrio, construcción, resinación, leña, palillos de ocote, mueblería de segunda, forros, hormas y molduras.

PINUS AYACAHUITE (K. EHRENBERG)

Nombre común: Pino Blanco o Curtidor, Falso Pinabete y Pino Dulce.

Las características generales de la madera son: de color blanco amarillento, fácil de trabajar, usada en mueblería corriente. Hasta el momento ha sido una especie refractoria del gorgojo dendroctonus sp. La distribución ecológica de esta especie se localiza entre los 2,300 a 3,200 metros de altura sobre el nivel del mar, especialmente en el occidente del país, en los bosques de tipo muy húmedo montano bajo, subtropical, húmedo montano subtropical y muy húmedo montano subtropical. Los usos que se le dan a esta madera son: construcción, mueblería corriente, forros, leña, decorados, hormas y molduras.

PINUS HARTWEGII

Nombre común: Pino de las Cumbres y Pino Colorado.

Las características generales de la madera son: de color amarillenta en árboles jóvenes y amarillenta rojiza en árboles adultos, utilizada en construcciones y mueblería ligera. Tiene la desventaja que los bosques son atacados por el gorgojo del pino: Dendroctonus sp., que causa grandes estragos. La distribución de esta especie se localiza entre los 2,300 a 4,000 metros de altura sobre el nivel del mar, especialmente los departamentos del occidente del país y Baja Verapaz. Esta especie se encuentra en los bosques de tipo muy húmedo montano bajo subtropical, muy húmedo montano subtropical y húmedo montano subtropical. Entre los usos que se le dan a esta madera están: forros, construcción, mueblería barata, leña y aserrio.

PINUS TENUIFOLIA BENTH

Nombre común: Candelillo.

Las características generales de la madera son: casi blanca como el pino ayacahite. La distribución ecológica es la siguiente: habita entre los 1,100 a 2,400 metros sobre el nivel del mar, especialmente en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepequez, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Quiché Guatemala y Chiquimula. Se localiza en los bosque de tipo húmedo subtropical (templado) y húmedo bajo subtropical. Los usos que se le dan a esta madera son: mueblería barata, forros, leña, construcción y aserrio.

PINUS MONTEZUMAE LAMBERT

Nombre común: Pino Macho y Pino de Ocote.

Las características generales de la madera son: de color blanco en árboles jóvenes, más tarde con vetas amarillas y por último, gran parte de los haces leñosos rojizos. Debido a la acumulación de trementina, lleva el nombre de pino de ocote. Habita entre los 1,500 a 2,500 metros sobre el nivel del mar en casi todos los departamentos del occidente del país. Se localiza en los bosques de tipo húmedo montano bajo subtropical. Los usos que se le dan a esta madera son: mueblería barata, construcción, aserrio, leña, forros, hormas y molduras.

CUPRESUS LUSITANICA MILLER

Nombre común: Ciprés.

Las características generales de la madera son: de color blanco, en los árboles añosos, color amarillo rojizo siempre de grano fino, buena textura, compacta, elástica, moderadamente fuerte, liviana; durable en lugar abrigado. Habita entre los 2,200 y 3,300 metros sobre el nivel del mar, especialmente en la mayoría de los departamentos del altiplano y en oriente en los departamentos de Jalapa y el Progreso, en los bosques de tipo muy

húmedo montano bajo subtropical, y muy húmedo montano subtropical. Los usos de esta madera son: construcción, mueblería corriente, forros, postes, leña y aserrio.

2.2.1.3 Madera para construcción⁴

La madera se clasifica para permitir al usuario la compra de una calidad más conveniente para un determinado uso. El grado de una pieza de madera se basa en el número, carácter y ubicación de las características reductoras de la resistencia y en factores que afectan la durabilidad y la utilidad. Como consecuencia se espera que los mejores grados estén virtualmente libres de defectos; pero, los otros grados constituyen la gran mayoría de las maderas.

La madera aserrada puede clasificarse visualmente, mediante las reglas proporcionadas por la Agencia de Inspección del Pino Sureño de los Estados Unidos; SPIB, por sus siglas en Inglés.

Los grados estructurales que define la SPIB son: Grado 1, Grado 2 y Grado 3; para definirlos se toman en cuenta varios factores, los cuales son definidos a continuación:

Densidad e índice de crecimiento: Este índice es una manera de expresar la cantidad de anillos de crecimiento anual que hay en una pulgada radial. Existen dos expresiones del índice de crecimiento:

Índice de crecimiento denso: Grano denso: Es cuando el crecimiento es de seis anillos por pulgada radial y un tercio (3.39 cm.) de madera de verano.

Índice de crecimiento medio: Grano medio: Debe tener cuatro anillos por pulgada radial (2.54 cm.) sin considerar la madera obtenida en verano.

La madera de grano denso es más fuerte que la de grano medio y esta última es más fuerte que la de anillos extendidos.

La línea radial es el trazo que se hace a la sección de una troza y que va del centro hacia afuera.

También, se debe tomar en cuenta que la línea debe ir a través de una porción de madera que representa la tasa de crecimiento del pedazo entero.

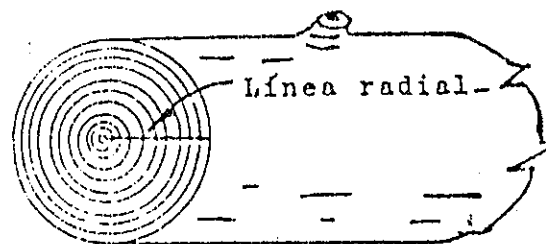


Figura No. 2.1

Como se puede ver en la figura No. 2.1, la línea radial comienza en el centro de la troza: corazón, y se extiende hacia afuera. Cuando la médula está presente, figura No. 2.2, es fácil localizar la línea radial y la dirección que ésta tiene.

Para determinar la cantidad de anillos y el tamaño de la línea radial, la regla indica que deberá comenzarse a contar en un punto afuera del centro, localizado a una distancia igual a la cuarta parte del grosor del pedazo de madera. Por ejemplo, en la madera de dos pulgadas de grosor (5.08 cm.) la cuenta principia después de medir media pulgada (1.27 cm.) desde el centro de donde los anillos aparecen; en la madera de cuatro pulgadas de grosor (10.16 cm.) comienza desde una pulgada (2.54 cm.) afuera de la médula. Se establece también, que la línea radial deberá ser de tres pulgadas (7.62 cm.) de longitud; pero si el tamaño del pedazo de madera no es, suficientemente ancho para la línea de tres pulgadas (7.62 cm.), entonces, la línea deberá ser tan larga como sea posible. Sólo se debe asegurar que la línea vaya a través de una porción del extremo transversal que representa el crecimiento del pedazo total.

⁴ Según referencia No. 14.

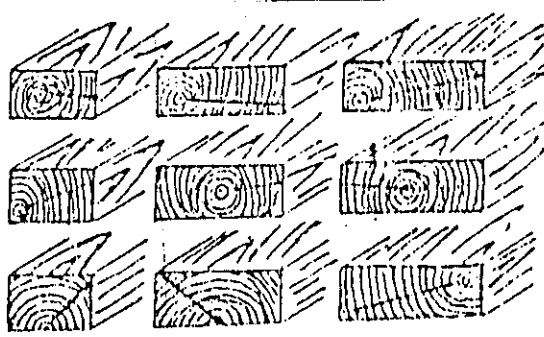


Figura No. 2.2

Para la madera que no tiene médula, figura No. 2.3, usualmente, llamada: "madera de lado" ya que no es del centro de la troza, es más fácil medir el grano denso o grano medio. Dibujando la línea radial se puede estimar, justamente, donde está el corazón en relación al pedazo que se está clasificando.

En la figura No. 2.3 se presentan algunas líneas que pueden ser usadas para la madera cortada de las diferentes partes de la troza.

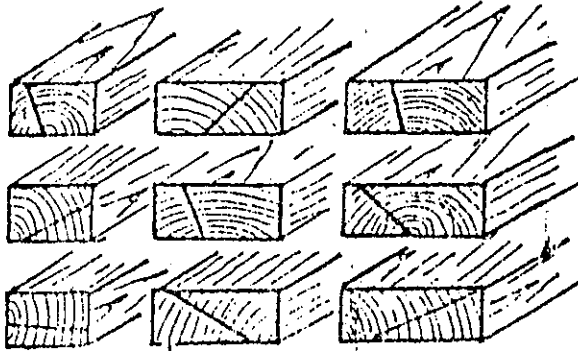
Piezas sin médula

Figura No. 2.3

En general los requisitos de grano o densidad para cada grado estructural son los siguientes:

Grado 1: debe ser de grano medio, con cuatro anillos por pulgada radial (2.54 cm.).

Grado 2: este grado, también, puede ser de grano medio, 4 anillos por pulgada radial, pero, también, pueden existir piezas que tengan grano ancho o grano grueso.

Grado 3: no tiene requisitos de grano, es decir, que no considera el número de anillos por pulgada radial.

Presencia de nudos: Los nudos, son probablemente, la característica encontrada más a menudo en la clasificación de la madera. Por lo cual, se debe ser capaz de juzgar el tamaño de los mismos.

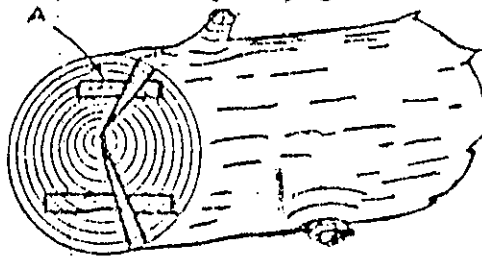


Figura No. 2.4

Primero se debe saber lo que es un nudo y cómo medirlo. Los nudos son porciones de las ramas cortadas en el aserrado de la madera. Los nudos siempre comienzan en el centro de la médula del árbol. Algunas veces puede ser que la madera de médula no esté presente en la tabla o cuartón; pero si se sabe cómo aparecen los nudos, se puede juzgar mejor el tamaño. La figura No. 2.4 representa el corte transversal de una troza y cómo pueden aparecer los nudos en la madera cuando es aserrada.

Por ejemplo, la pieza "A", figura No. 2.4, tendrá un nudo como el de la figura No. 2.5. Para medir éste nudo, se debe considerar su tamaño en ambas caras. El tamaño del nudo en la parte de abajo es la distancia entre las líneas paralelas a las orillas que lo encierran; la cual, en este ejemplo, miden una pulgada (2.54 cm.). El tamaño en el lado opuesto es medido de la misma manera (½ pulgada o 1.27 cm.). Estas dos medidas se suman y se dividen entre dos, para obtener el tamaño del nudo. Como este pedazo de madera es de 2 x 4 pulgadas (5.08 x 10.16 cms.) el nudo reúne los requisitos para el grado número uno, el cual permite una pulgada (2.54 cm.) como máximo de nudo promedio en el extremo o parte plana de la madera.

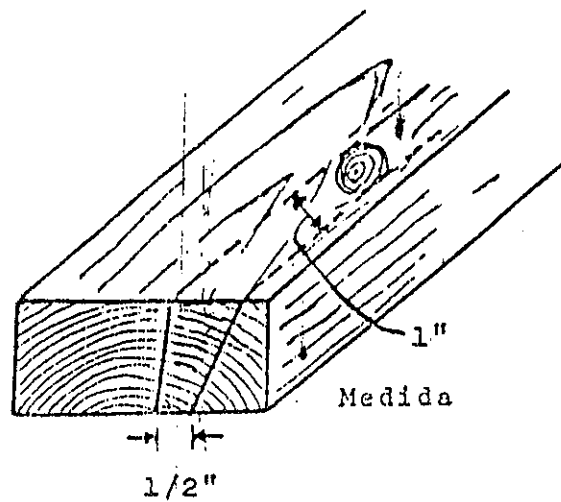


Figura No. 2.5

No es raro encontrar nudos que no presenten cara ancha, pero si cara angosta, figura 2.6.

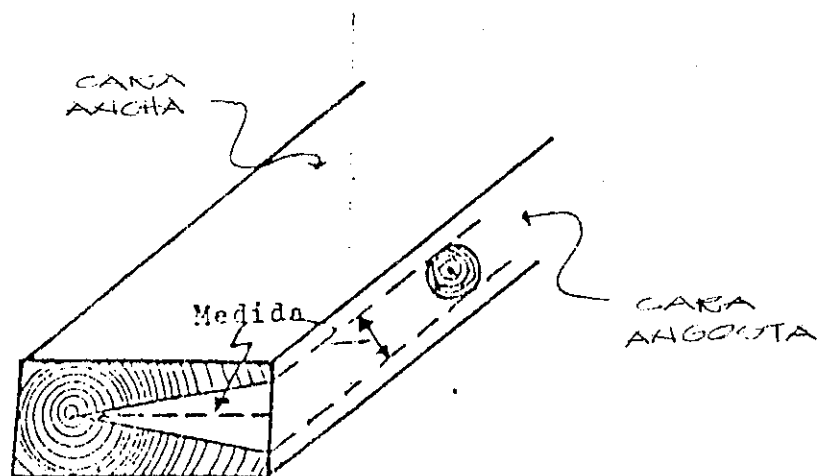


Figura No. 2.6

Rajaduras: Las rajaduras de superficie son permitidas con ciertas limitaciones para cada grado estructural.

Grado 1: Las rajaduras se permiten si no atraviesan la madera. La rajadura puede ser tan larga como el ancho de la pieza.

Grado 2: Las rajaduras se permiten. Si las rajaduras son profundas, éstas pueden tener de largo 1.5 veces el ancho de la pieza.

Grado 3: Las rajaduras de superficie son permitidas. Si las rajaduras son profundas y largas no deben exceder $1/6$ de la longitud de la pieza.

Hendiduras: Estas dependen de la profundidad que tienen en la pieza.

Grado 1: Las hendiduras no deben ser más profundas que la mitad del grosor.

Grado 2: Las hendiduras no deben ser más profundas que la mitad del grosor, si éstas se encuentran en los extremos. Las hendiduras más allá del extremo pueden llegar a una distancia de 2 pies (60.96 cm.). Las hendiduras a los lados de la madera no pueden ser más profundas que $3/4$ del grosor.

Grado 3: Las hendiduras se permiten hasta $1/6$ del largo de la pieza.

Cepillado incompleto:

Grado 1: El cepillado incompleto es permitido si no es mayor de $1/16$ de pulgada (0.16 cm.) de profundidad y, solamente, el 10% de las piezas que componen la muestra pueden tener el defecto.

Grado 2: El 20% de las piezas que componen la muestra pueden tener el defecto a todo lo largo, siempre que no exceda $1/16$ de pulgada (0.16 cm.) de profundidad. También, el 20% puede tener el defecto, pero si tiene hasta $1/8$ de pulgada (0.32 cm.) de profundidad, pero, no más de 2 pies (60.96 cm.) de largo.

Grado 3: Puede tener el defecto a todo lo largo de la pieza con $1/16$ de pulgada (0.16 cm.) de profundidad. Si la profundidad es de $1/8$ de pulgada (0.32 cm.) se permite que un 10% de las piezas que componen la muestra tengan el defecto.

Grado de inclinación o declive del grano o fibra de la madera:

Grado 1: Se permite una inclinación de 1 pulgada (2.54 cm.) en 10 pulgadas (25.4 cm.) de largo.

Grado 2: Se permite una inclinación de 1 pulgada (2.54 cm.) en 8 pulgadas (20.32 cm.) de largo.

Grado 3: Se permite una inclinación de 1 pulgada (2.54 cm.) en 4 pulgadas (10.16 cm.) de largo.

Fracturas:

Grado 1: Las fracturas pueden ser tan largas, como el ancho de la madera.

Grado 2: Las fracturas pueden tener de longitud 1.5 veces el ancho de la pieza.

Grado 3: Las fracturas pueden tener $1/6$ de la longitud de la pieza.

Mancha o tinte: Este defecto es permitido en los tres grados estructurales.

Gemo o decadencia de la madera:

Grado 1: Se permite $1/4$ del grosor y $1/4$ del ancho de las piezas, no hay límite en la longitud. También, se permite que el 5% de las piezas de la muestra tengan este defecto hasta $1/2$ del grosor y $1/3$ del ancho por $1/4$ del largo.

Grado 2: Se permite $1/3$ del grosor y $1/3$ del ancho de las piezas de la muestra, no hay límite en la longitud. También, se permite que el 5% de las piezas tengan este defecto hasta $2/3$ del grosor y $1/2$ del ancho por $1/4$ del largo.

Grado 3: Se permite $1/2$ del grosor y $1/2$ del ancho, no hay límite en la longitud. También, el 5% de las piezas de la muestra pueden tener este defecto hasta $7/8$ del grosor y $3/4$ del ancho por $1/4$ del largo.

2.2.1.4 Productos derivados de la madera

PLYWOOD⁵

Se conoce con el nombre de madera contrachapeada y plywood, al material elaborado de madera en forma de chapas pegadas, alternadas con la dirección de las fibras a 90° entre sí.

La tendencia a pandearse y agrietarse, con los cambios de humedad y temperatura en la madera corriente ocurre debido a que ésta tiene más resistencia en el sentido paralelo a las fibras, que en perpendicular a las mismas.

Esta desventaja se corrige en la madera contrachapeada alternando la dirección de las fibras en las distintas chapas, con esto se logra uniformizar la resistencia en los dos sentidos, con lo que se evitan los alabeos y agrietamientos, además por ser la madera contrachapeada, prácticamente un producto de fábrica se puede controlar más eficientemente.

Sus características mecánicas y físicas:

En Guatemala se produce madera contrachapeada de diferentes tipos, caracterizándose por la clase de madera usada en la chapa exterior, que es la que le da el nombre usado para distinguirla, ya que interiormente puede variar la madera de las chapas.

Actualmente se fabrican varios tipos de madera contrachapeada, entre las cuales se tienen: banak, laurel, negrito, castaño, sangre, etc., cuyos espesores varían de 3/16" (0.48 cm.) hasta 3/4" (1.91 cm.) con órdenes especiales. Las fábricas pueden fabricar espesores mayores.

El número de chapas para cada espesor de madera contrachapeada varía de 3 para el de 3/16" (0.48 cm.) y 1/4" (0.64 cm.), hasta 7 chapas para el de 3/4" (1.91 cm.).

MADERA LAMINADA⁵

Madera estructural de láminas pegadas con miembros compresionados y ensamblados de láminas de madera, en la cual el grano de todas las láminas es aproximadamente paralelo longitudinalmente, en el cual las láminas pueden ser de varias especies, número, medidas, forma y espesor, a condición que reúna la densidad requerida y el grado de esfuerzos permisibles.

La madera laminada es un importante desarrollo en el uso de la madera para la Ingeniería de las estructuras.

Es utilizada para miembros de estructuras, vigas, durmientes, columnas, marcos rígidos y arcos, etc.

Tiene la ventaja de prevenir los altos esfuerzos de trabajo, es permisible en medidas grandes, previene el problema del encogimiento y como resultado secundario, los esfuerzos en las juntas son mínimos.

TABLEX⁵

Descripción:

Es un material hecho a base de astillas de madera seca, comprimidas y con un grado de humedad que permite el aglutinamiento por medio de resinas sintéticas, dichas astillas deben mantenerse dentro de determinados límites de tamaño para lograr un producto uniforme.

Para su fabricación no sólo se utilizan los desperdicios de los aserraderos y fábricas de plywood, sino se usan también lo que comúnmente en Guatemala se llama leña de pino.

Fabricación:

Aún cuando los procedimientos hasta ahora más usados son los de prensado directo en prensas hidráulicas, utilizándose para ello el material ya revuelto con el aglutinante, el sistema que se usa en esta industria consiste en un prensado continuo, en el cual el material sale en una hoja sin fin, que se va cortando de acuerdo con las medidas que se necesiten y que presentan además la gran ventaja de que la distribución de las

⁵ Según referencia No. 7.

partículas sea más uniforme, además la densidad del producto es la misma en toda la superficie, a diferencia de los otros sistemas en los que no lo es.

El aglutinante que se usa es una resina sintética, a base de formaldehído de urea, cuyo porcentaje con respecto al peso determina la dureza y resistencia del producto que se obtenga, así como sus propiedades de trabajo.

Propiedades:

El Táblex es una tabla perfectamente sólida, con una gran estabilidad dimensional en su grosor y que cuando es enchapada adquiere una gran resistencia, además de que por su uniformidad y por carecer de dirección, o mejor dicho, de continuidad de fibra, es inerte en lo que se refiere a esfuerzos internos; por esta razón, cuando es enchapada con capas bien balanceadas no está expuesto a torceduras o pandeo, haciéndolo muy útil en las industrias de la construcción y de la mueblería. El Táblex puede sujetarse a las mismas operaciones de maquinado que la madera aserrada, es decir, puede ser lijado, cepillado, escoplado, moldcado y atornillado.

Usos:

En la industria de la construcción el táblex es utilizado para cancelas o paredes interiores, muebles, puertas, cielos y pisos, pues otra de sus características principales es la de ser un buen aislante del calor, también puede usarse para interiores de closets, siempre teniendo cuidado que no esté en contacto directo con la humedad o el agua.

En la mueblería tiene muchos usos, pues puede utilizarse en enchapados para todas las piezas expuestas de bastante superficie, en lugar de la madera aserrada, con la ventaja de que los cambios de clima no lo afectarán en sus dimensiones, además en su acabado no aparecen los defectos que con el tiempo se presentan en el mueble enchapado sobre la tabla, naturalmente que la principal ventaja que presenta es que resulta más económico que los otros materiales.

2.2.2 CARACTERISTICAS

2.2.2.1 Propiedades

a) Propiedades físicas⁶

Las propiedades de la madera dependen del crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco.

Humedad. La madera contiene *agua de constitución*, inherente, a su naturaleza orgánica; *agua de saturación*, que impregna las paredes de los elementos leñosos, y *agua libre*, absorbida por capilaridad por los vasos y traqueidas.

Como la madera es hidróscopica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la madera, hasta conseguir un equilibrio; diciéndose que la madera está seca al aire.

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién cortada oscila entre el 50 y 60%, y por absorción puede llegar hasta el 250 y 300%.

La albura contiene más agua que el duramen, y los árboles apeados en invierno, más que los cortados en primavera.

La madera secada al aire contiene del 10 al 15% de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el porcentaje de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una *humedad media internacional del 15%*.

La humedad de las maderas se aprecia, además del procedimiento de pesadas, de probetas, húmedas y desecadas, y el colorimétrico, por la conductividad eléctrica, empleando higrómetros eléctricos. Estas variaciones de humedad hacen que la madera se hinche o contraiga, variando su volumen y, por consiguiente, su densidad.

⁶ Según referencia No. 15.

Densidad. La densidad relativa real de las maderas es sensiblemente igual para todas las especies a 1.56.

La densidad aparente varía no sólo de unas especies a otras, sino aun en la misma, con el grado de humedad y sitio del árbol, siendo más densa el duramen que la albura en la seca, y en la base y cogolla que en el tronco, y para hallar la densidad media de un árbol hay que sacar probetas de varios sitios.

Como la densidad aparente comprende el volumen de los huecos y los macizos, cuanto mayor sea la densidad aparente de una madera, mayor será la superficie de sus elementos resistentes y menor el de sus poros.

Contracción e hinchamiento. La madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8%; de 1 a 7.8%, en dirección radial, y de 5 a 11.5%, en la tangencial.

La contracción es mayor en la albura que en el corazón, originándose tensiones por desecación que agrietan y alabean la madera, estando la convexidad en el duramen, y si se obtiene una pieza que contenga corazón, duramen y albura, se contrae más por los extremos (albura); de aquí que el mayor despiece sea el radial.

El hinchamiento se produce cuando absorbe humedad. La madera sumergida aumenta poco de volumen en sentido axial o de las fibras, y de un 2.5 al 6%, en el perpendicular; pero en peso, el aumento oscila del 50 al 150%. La madera aumenta de volumen hasta el llamado *punto de saturación* (20 - 25% de agua), y a partir de él no aumenta más de volumen, aunque siga absorbiendo agua. Hay que tener, pues, muy presente estas variaciones de volumen en las piezas que hayan de estar sometidas a oscilaciones de sequedad y humedad, dejando los huelgos necesarios para que los empujes que se produzcan no comprometan la estabilidad de la obra.

Dureza. La dureza de la madera es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavar, etc. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en el sentido de sus fibras o en el perpendicular. Cuanto más vieja y dura es, mayor resistencia opone. La madera de corazón es más dura que la de albura; la crecida lentamente, más que la crecida de prisa.

Por su dureza se clasifican en: *muy duras*: ébano, serbal, encina y tejo; *bastante duras*: roble, arce, fresno, álamo, acacia, cerezo, almendro; *algo duras*: castaño, haya, nogal, aliso pinaster y carrasco, peral y manzano; *blandas*: abeto, alerce, pino sauce; *muy blandas*: el tilo, chopo.

Hendibilidad o propiedad de separar la madera por cortes en sentido de sus fibras, paralelos al eje del tronco. El rajado es más fácil en sentido de los radios, por facilitarlos los radios medulares, siendo más hendibles cuanto más dura, densa, carezcan de nudos, tengan fibras rectas y con el calor. Las maderas más hendibles son las de encina, pino, abeto, arce, haya y aliso.

Conductividad. La madera seca es mala conductora del calor y electricidad, pero húmeda se hace conductora de ésta. La conductividad es mayor en el sentido longitudinal que en el radial o transversal, y más las maderas pesadas que las ligeras o porosas, por lo cual se emplean como aisladores térmicos en los mangos, pavimentos, paredes, etc.

Dilatación térmica. El coeficiente de dilatación lineal de la madera es muy pequeño, pudiendo ser despreciado, pues es en el abeto 35×10^{-7} y en el pino 7×10^{-6} .

Duración. La duración de la madera varía mucho con la clase y medio. A la intemperie, y sin impregnar, depende de las alternativas de sequedad y humedad; el roble dura cien años; álamo, sesenta - noventa; pino y alerce, cuarenta - ochenta; haya, cincuenta; sauce, treinta; aliso, álamo y chopo, veinticinco. Sumergidos en agua el roble y aliso, cien años; olmo, noventa; haya, setenta; pino, cincuenta. La madera de roble y haya, impregnadas, tienen una duración casi ilimitada.

La madera empotrada o enterrada en el suelo depende de la naturaleza del terreno; la arcilla y la arena húmeda es en el que más dura; después, en arena seca, y muy poco en el terreno calizo.

Se admite como duración media de la madera enterrada la de diez años.

2.2.2.2 Determinación de propiedades⁷

Como la madera procede de un ser vivo, que es el árbol, hay que indicar el medio y modo en que se ha desarrollado, edad, longitud y diámetro de los árboles, orientación, etc., siendo conveniente remitir éstos, enteros o troceados, para que en el laboratorio saquen las probetas de diversas alturas del árbol, del duramen y albura, lo desequen, etc.

Las propiedades de mayor importancia para el correcto desempeño de las piezas de madera son las mecánicas, las cuales se determinan por ensayos en piezas pequeñas de madera (Normas ASTM D-143), sanas y libres de defectos. Las piezas son seleccionadas por técnicas de análisis estadístico.

El muestreo para estudio general de una especie determinada en un país, se lleva a cabo generalmente tomando resultados de 4 o 5 zonas o regiones, tomando 5 - 6 árboles al azar por zona, un tramo por cada árbol y de este 2 - 3 muestras.

Otra fuente de muestras son los aserraderos, los cuales proporcionan muestras de producción, debiendo ser representativos de las diferentes zonas o regiones.

Los ensayos que se efectúan normalmente en las muestras de madera son los siguientes:

1) *Flexión:*

Se realiza para determinar la resistencia a la flexión estática tangencial a las capas anuales, con probetas prismáticas de 5 x 5 x 76 cm., y utilizando un deflectómetro con accesorios especiales para medir la flexión en madera.

2) *Compresión Paralela:*

Se determina en dirección axial, es decir, ejerciendo los esfuerzos paralelamente a las fibras o anillos de crecimiento. Se realiza con probetas de 5 x 5 x 20 cm., y utilizando un Indicador marca Ames para medir la deformación.

3) *Compresión Perpendicular:*

Se determina en dirección perpendicular a las fibras o anillos de crecimiento. Se realiza con probetas de 5 x 5 x 15 cm. Al igual que el anterior utiliza un Indicador marca Ames para anotar deformaciones.

4) *Corte:*

Se determina en dirección paralela a las fibras o anillos de crecimiento. Se realiza con probetas de 5 x 5 x 6.35 cm. Para lo cual se utiliza un accesorio especial para medir corte.

5) *Tensión Paralela a la Fibra:*

La resistencia a la tensión paralela a la fibra, es la máxima resistencia, llegando a duplicar a la de compresión, se realiza con una muestra de diseño especial de 2.54 x 2.54 x 35.56 cm. y utilizando la Máquina de tensión y Mordazas especiales.

6) *Tensión Perpendicular:*

Se realiza en dirección perpendicular a la fibra, con probetas de 5 x 5 x 6.35 cm., utilizando la máquina de ensayos de tensión para probetas de cemento con las mordazas adecuadas.

7) *Clivaje o Desgarramiento:*

Se realiza con una muestra de diseño especial de 5 x 5 x 8.26 cm., y utilizando la Máquina de tensión para cementos, empleando mordazas especiales.

8) *Penetración (Dureza):*

El ensayo se realiza en dirección axial, principalmente, con una probeta de dimensiones 5 x 5 x 15 cm., y utilizando la máquina Universal de 60,000 Kg., y accesorio especial para penetración.

⁷ Según referencia No. 6.

9) *Extracción de Clavos o Desclave:*

Se realiza con una pieza de 5 x 5 x 15 cm., clavos de 2.5 mm de diámetro y 5 cm. de longitud, utilizando una mordaza especial para sacar clavos y la máquina Universal.

10) *Contracción Volumétrica y Peso Específico:*

La contracción o hinchamiento volumétrico total desde el estado de la madera verde o saturada al desecado, o viceversa, indica la aptitud de la madera para agrietarse durante la desecación. Esta prueba se determina con una muestra de dimensiones 5 x 5 x 15 cm., una balanza de aproximación de 0.1 gr., un recipiente con agua en el que pueden sumergirse la pieza, y un recipiente con parafina.

Otros ensayos:

Otros ensayos importantes que se realizan a las piezas de madera son:

1) Impacto a flexión: Realizando caídas sucesivas de un martinete de 50 lb. desde diferentes alturas a una pieza de 5 x 5 x 76.2 cm., aumentando la altura hasta la falla o ruptura.

2) Tenacidad: Se lleva a cabo con un sólo golpe sobre una pieza pequeña de (2 x 2 x 28 cm.), accionado por un péndulo y con un peso de 50 lb. aproximadamente y se ajusta la máquina para que la carga se aplique cuando el péndulo está inclinado 15° de la vertical.

3) Contracción Radial y Tangencial: Se lleva a cabo con una muestra de 2.5 x 10 x 2.5 cm. y se mide a través de la dimensión de 10 cm. en la que se determina la contracción.

En las tablas Nos. 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 del apéndice se incluyen los esfuerzos básicos y permisibles para maderas guatemaltecas en los tres grados estructurales, aplicables para maderas verdes o poco sazonadas y maderas secadas al aire.

2.2.2.3 Infestación⁸

La madera como producto natural es susceptible de ser atacada por agentes biológicos que la destruyen o disminuyen su calidad. Estos enemigos de la madera se pueden resumir en tres grupos:

a) Mohos y Hongos Cromógenos.

Estos organismos no afectan necesariamente la resistencia de la madera, ya que se alimentan del contenido de las celdillas y no de las celdillas mismas. Estos organismos, para atacar la madera, requieren un contenido de humedad superior a la saturación de la fibra (27 a 32% de contenido de humedad).

Mohos. Su presencia se hace evidente por un crecimiento algodonoso en la superficie de la madera. Su color varía desde el blanco hasta el negro. Aparecen cuando hay abundancia de humedad. Cuando la madera está seca, pueden ser barridos, y nunca afectan seriamente la resistencia de la madera.

Hongos Cromógenos. Penetran en la madera impartiendo coloración y afectando ligeramente su resistencia física. Representantes típicos son ciertas especies del género *Ceratocystis*, causantes de la mancha azul.

b) Hongos Xilófagos.

Organismos que afectan las propiedades físicas y químicas de las paredes de las células, minando seriamente la resistencia física de la madera.

Estos organismos provocan la llamada pudrición de la madera. La mayoría de estos hongos atacan la madera después de que el árbol ha muerto, pero hay algunas especies que atacan al árbol vivo, después de alguna herida o debilitamiento de su condición física causada por insectos.

Según el efecto producido por el hongo, algunos autores consideran tres tipos principales de pudrición: "Pudrición Suave", "Pudrición Blanca" y "Pudrición Parda".

⁸ Según referencia No. 16.

La "Putridión Suave o Blanda" es causada por hongos destructores de celulosa, pertenecientes a los grupos ascomicetos y hongos imperfectos. Se caracteriza por ser superficial, degradando la madera hasta adquirir una consistencia grasosa, de color oscuro.

Los hongos causantes de la "Putridión Blanca" son aquellos que destruyen todos los componentes de la madera (lignina y carbohidratos), el material residual semeja un esqueleto de madera sin coloración oscura.

El tercer grupo comprende a los hongos de la "Putridión Parda", que descomponen a la celulosa y sus pentosas asociadas, afectando poco o nada a la lignina. La parte atacada se contrae formando hendiduras perpendiculares u oblicuas, que dan una apariencia cubicada a la madera podrida.

Estos dos últimos tipos de pudrición son causados por hongos basidiomicetos.

c) Insectos y Perforadores Marinos.

Estos destructores de madera se pueden agrupar en 4 clases:

1. *Escarabajos de Diferentes Tipos*: Ambrosia, de Corteza, Perforadores de Cabeza Redonda, de Cabeza plana, etc. Los huevecillos son depositados en los poros de la madera, de donde nace la larva que perfora túneles en el interior.

2. *Termitas*: Tanto subterráneas como no subterráneas, se alimentan de madera y la utilizan como habitación, perforando túneles que la debilitan seriamente.

3. *Hormigas Carpinteras*: Aunque no se alimentan de madera, la perforan con objeto de fabricar galerías habitacionales.

4. *Perforadores Marinos*: Se pueden dividir en dos clases:

a) *Moluscos*: Como *Teredo* y *Bankia*. Las larvas de estas especies son nadadoras, se adhieren a la madera bajo la línea de agua y perforan haciendo pequeños orificios en el exterior, penetrando y quedando encarceladas de por vida. A medida que el animal crece, agranda su celda. Estos animales son llamados también gusanos de barco.

b) *Martesia*: Su cuerpo está contenido en una concha bivalva, pero al igual que los gusanos, penetra en la madera y queda aprisionada en ella.

c) *Crutáceos* (*Limnoria*, *Sphaeroma* y *Chelura*): Estos animales no se encarcelan en la madera, solamente la perforan.

2.2.3 DEFECTOS

Los defectos son anomalías que modifican la estructura de la madera, y las alteraciones, enfermedades que afectan a la composición química, disminuyen sus resistencias.

2.2.3.1 Defectos naturales⁹

Fibra torcida o revirada. Al crecer el árbol sus fibras no lo hacen paralelamente al eje, sino en forma de hélice, debido al excesivo crecimiento de las fibras periféricas, con relación a las interiores, a causa de pasar las raíces de un terreno impermeable a otro profundo y fértil, y se aprecia ya en el árbol en pie, pues la corteza se rasga y sigue la línea espiral de las fibras.

Esta madera sólo sirve para pilotes, postes, pies derechos, etc., pues al escuadrarla se cortan los haces fibrosos en varios sitios, perdiendo mucha resistencia.

Madera curvada o de vuelta. Cuando el fuste del árbol no es recto y presenta trozos curvados en el mismo o en distinto plano. En el primer caso, si la flecha medida perpendicularmente al eje del fuste en el punto más curvo no es muy grande, puede servir como madera de rollo para ciertas aplicaciones, pero en el segundo caso sólo sirve para leña.

⁹ Según referencia No. 15.

Excentricidad de corazón. Debida a diversas circunstancias de crecimiento, vientos, proximidades de rocas, etc., la madera es heterogénea, teniendo poca elasticidad y resistencia, y si no es muy exagerada la desviación medular no la deprecia mucho.

Irregularidad de los anillos de crecimiento. Debida a cambios bruscos de la vegetación del árbol por excesivo aclareo o por vivir aislados. Se deprecia por ser poco elástica y fracturarse con facilidad.

Entrecorteza. Consiste en tener un trozo de corteza entre los anillos de crecimiento de la madera, debido a imperfecta soldadura de dos ramas gemelas, y hacen rechazable tales maderas por ser poco resistentes y estar propensas a muchas enfermedades, por alojarse gérmenes patógenos en ella.

Nudos. Son los tejidos que forman las ramas, las cuales sufren desviaciones (figura No. 2.7), provocando condensaciones de tejido lignificado, comunicando diferente textura y heterogeneidad a las resistencias de la madera, depreciándola y siendo desechable para sierra, cuando son muy gruesos, por ser saltadizos, y al desecarse se desprenden, dejando huacos en las tablas.

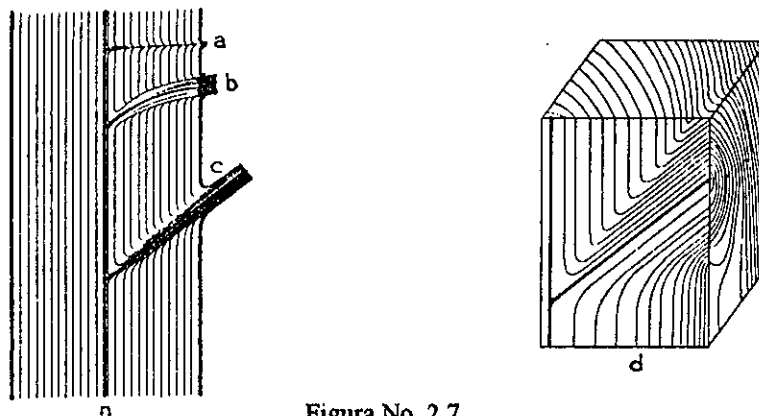


Figura No. 2.7

El que la madera tenga más o menos nudos es debido al desarrollo selvícola del árbol, pues cuando crece en espesura las ramas bajas, faltas de luz, languidecen y caen, sin dejar huella apreciable. Cuando viven aislados, sus ramas se hacen muy gruesas en la axila, lignificándose fuertemente la madera en el nudo, y si muere vieja, deja un *clavo* que no es adherente.

Por sus dimensiones se clasifican los nudos en las categorías siguientes:

- Nudos muy pequeños*, cuando su diámetro es inferior a 5 mm. Se les denomina de *ojo de perdiz* cuando tienen un punto negro en el centro, rodeado de madera descompuesta, depreciando la madera.
- Nudos pequeños*, los de 5 a 15 milímetros de diámetro.
- Nudos medianos*, los de 15 a 40 milímetros de diámetro.
- Nudos gruesos*, los mayores de 40 milímetros de diámetro.

Los nudos siempre reducen la resistencia de la madera al interrumpir la continuidad de sus fibras, volviéndola menos elástica y quebradiza.

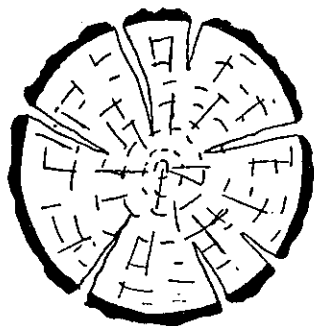


Figura No. 2.8

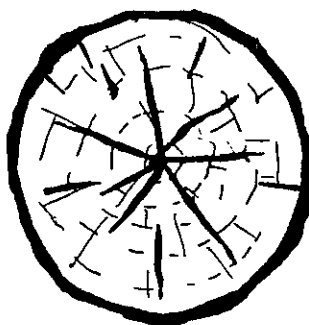


Figura No. 2.9

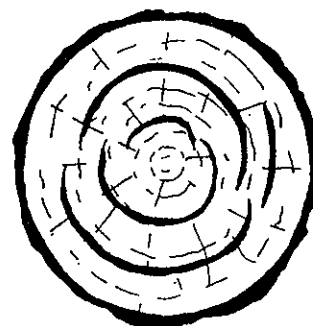


Figura No. 2.10

Lupias y verrugas. Son excrecencias leñosas debidas a falta de adherencia de las yemas durmientes con la madera, las primeras, y por picaduras de insectos y bacterias, las verrugas.

Fendas. Son grietas más o menos profundas en sentido longitudinal que se aprecian ya en el árbol en pie si son originadas por los hielos al desgarrar el tronco en sentido de los radios medulares, por formarse un reborde alrededor de la brecha de la corteza. (Figura 2.8).

Se producen también fendas por la insolación y la desecación rápida de las maderas, que de no ser grandes y profundas, no las deprecian para ciertos usos.

Cuadratura. Son fendas anchas (figura 2.9) que desintegran los anillos en la región medular; adquiere coloración oscura o negra, y la inutiliza por estar descompuesta por hongos.

Acebolladura o calaña. Son grietas o fendas circulares (figura 2.10) que separan los anillos anuales de crecimiento total o parcialmente, debidas a la acción de los vientos sobre los árboles que habiendo sufrido un aclaro se ha desarrollado bruscamente la correspondiente capa anual. La madera con este defecto no se puede emplear en carpintería de armar, taller, ni pies derechos por su escasa resistencia.

Pata de gallina. Son fendas que partiendo del corazón, llegan hasta la albura (figura 2.11), y a veces a la superficie, debido a una descomposición por vejez o defecto de vegetación, haciéndola inútil para todo trabajo.

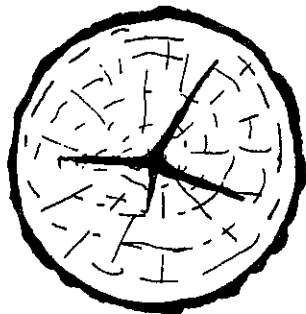


Figura No. 2.11

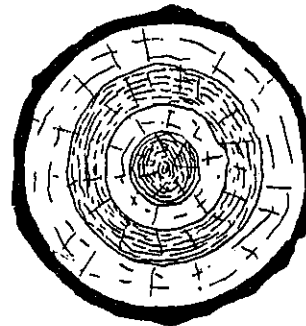


Figura No. 2.12

Corazón partido o estrellado. Cuando las grietas dividen el corazón y albura en dos partes se llama corazón partido, y estrellado cuando hay dos grietas que se cortan en forma de cruz y suelen extenderse a lo largo del fuste. Se atribuye su formación a sequedad, y como no existe descomposición, se puede emplear su madera si se divide siguiendo las grietas y no haya de trabajar a flexión.

Doble albura. Es debida a que los fríos intensos y persistentes detienen la transformación del cambium en albura y ésta en duramen quedando muerta una zona de albura entre el duramen, la cual, con el tiempo, se oscurece debido a su descomposición, inutilizando la madera. (figura 2.12).

Carne de gallina o madera bronca. Tiene las fibras trenzadas, es repelona y difícil de labrar porque el cepillo trabaja a contrafibra y la rasga, quedando la superficie desgarrada. Es frecuente en los chopos, aliso y roble.

Corazón hueco. Debido a su destrucción por la pudrición roja de los árboles viejos.

Madera borne. Procede de árboles puntisecos y coronados, careciendo de tejido fibroso, por lo que es más quebradiza, menos densa y elástica que la normal. Se conoce por su coloración mucho más oscura que la madera corriente o normal.

2.2.3.2 Defectos químicos¹⁰

Entre los defectos químicos se tienen las alteraciones producidas por: acción del calor, del aire (envejecimiento de la madera), del agua, de los ácidos y bases.

El *calor* provoca la destilación y luego la descomposición a partir de alrededor de los 145°C.

¹⁰ Según referencia No. 9.

La *exposición al aire* produce la oxidación de la madera, fenómeno de *combustión lenta*, llamado *envejecimiento*, que determina el *ennegrecimiento* (la coloración se hace más oscura), sin causar, empero, modificaciones en las propiedades mecánicas. Las células vivientes o los tejidos de reserva han sido progresivamente privados de sus contenidos protoplasmáticos o de reserva, haciéndose semejantes a las células muertas de la parte duraminizada; la albura resulta comparable a la madera de corazón, lo cual explica que al cabo de cierto tiempo deje de presentar los inconvenientes que le son propios.

Las maderas *sumergidas en el agua o soterradas en un suelo saturado de agua* sufren en ciertos casos una modificación (el roble se ennegrece, en tanto que su composición química y sus propiedades evolucionan completamente), pero se conservan generalmente muy bien si permanecen constantemente inmersas. Por el contrario, las alteraciones nativas de inmersión y emersión resultan nefastas. Esta causa de destrucción debe tenerse especialmente en cuenta cuando se trata de construcciones sobre pilotes, de estructuras que se hallan parcialmente soterradas, de postes que sostienen líneas aéreas, de durmientes de ferrocarril, etc.

Los *ácidos y las bases* pueden, en ciertos casos, atacar los elementos constitutivos de las membranas, hidrolizar la celulosa o disolver la lignina; las bases son generalmente las más nocivas.

2.2.3.3 Defectos de sazónamiento¹¹

Consiste en la pérdida de humedad que contiene la madera verde, lo cual mejora la funcionalidad.

En el proceso aireado o de horno seco, la madera sufre cambios en sus dimensiones volumétricas antes de que el contenido de humedad se encuentre debajo del punto de saturación. Las diferencias en el cambio dimensional, el encogimiento diferencial entre las direcciones longitudinal, radial y tangencial crea tensión en la madera, lo cual es causa de que se realicen chequecos. Segundo, la separación a lo largo del grano, ocurre la mayor parte del tiempo en el desarrollo de los anillos de crecimiento anuales. La necesidad de chequear la madera puede reducirse si se dan condiciones para que la evaporación del agua en la madera sea lenta y uniforme. El pandeo de una pieza de madera puede ocurrir como resultado de un sazónamiento impropio. Existen diferentes tipos de distorsión semejantes a la torsión, alabeo o arqueado. Evidentemente, esta madera es poco utilizada para aplicaciones estructurales.

2.2.4 PRESERVACION¹²

Las condiciones que favorecen el desarrollo de los agentes destructores de la madera son: temperatura, humedad, oxígeno y alimento.

De las condiciones requeridas para el desarrollo de los agentes destructores de la madera, se deduce que el factor más fácilmente controlable es el alimento de estos agentes. Precisamente, la preservación de la madera tiene por objeto modificar la constitución química de la madera, haciéndola no apetecible para estos organismos. Esto se lleva a cabo aplicando productos conocidos como Preservadores para Madera.

2.2.4.1 Tipos de preservación

Entre los tipos de preservación para la madera más utilizados se tienen la Carbonización, Pinturas e Impregnación; a continuación se describen brevemente estos procesos:

Carbonización:

La carbonización superficial de las maderas que como los postes, estacas, pilotes, etc., hayan de estar hincados en el terreno, es de escasa eficacia, por destruirse solamente los hongos, pudiendo penetrar otros por las grietas, teniendo que recurrir después a las pinturas o impregnaciones.

Pinturas:

Es la protección menos duradera, por ser arrastrada por el agua y mecánicamente. Se preparan con aceite de linaza, carbolíneo (alquitrán de hulla y petróleo), alquitrán de madera, solos o mezclados con resinas, asfaltos, cal apagada y los compuestos de flúor o los que contienen dinitrofenoles.

¹¹ Según referencia No. 15.

¹² Según referencia No. 16.

Las pinturas y revestimientos hidrófugos deben ser aplicados a la madera bien seca, pues de lo contrario, al quedar aprisionada la humedad, la madera se pudre.

Impregnación:

Consiste en sumergir las maderas en disoluciones de diversos productos, los cuales penetran por los vasos de la superficie a la presión ordinaria, y en el interior, mediante el vacío y presión.

2.2.4.2 Metodos de preservación

Los métodos de preservación de la madera son numerosos y variados. A continuación se exponen brevemente los principales tratamientos actualmente en uso.

a) Procesos sin Presión

Estos procesos son superficiales y su grado de protección es limitado.

a) Inmersión. Este proceso no requiere autoclave ni equipo de presión de vacío. Se emplea solamente una cuba de tratamiento en donde se sumergen cargas de madera durante breves instantes. En este caso se utilizan generalmente preservadores con solvente orgánico.

b) Baño. La madera se coloca por un período prolongado en un estanque con líquido preservador, que penetra por absorción o por difusión, según sea el contenido de humedad de la madera. Sus resultados son superiores a la simple inmersión, sin embargo la protección obtenida es también limitada.

c) Aplicación con Brocha. Estos tratamientos brindan protección muy limitada y sólo se emplean como mantenimiento o protección temporal.

d) Aspersión. Aquí, es necesario el empleo de un túnel de tratamiento a través del cual se impulsan mecánicamente piezas individuales de madera y durante el trayecto son rociadas con preservador. El tratamiento por este método retiene poco preservador. Su uso más común es para aplicar fungicidas antimancha.

b) Difusión

La madera en estado verde se sumerge en soluciones preservadoras de alta concentración y se apila durante un periodo de alrededor de 30 días, que permite la difusión de los preservadores antes de que la madera se seque. Estos métodos emplean preservadores hidrosolubles a base de Boro, o formulaciones complejas tipo Fluor-cromo-arsénico-fenol.

Este proceso tiene limitaciones en sus aplicaciones debido a que los preservadores empleados son altamente lixiviables.

c) Procesos a Presión

a) Célula Vacía. Existen dos modalidades de este método. El proceso Rueping consiste en colocar la carga en el cilindro e inyectar primero aire a presión. A continuación, manteniendo esta presión se aplica la solución preservadora y se bombea hasta alcanzar la presión hidráulica especificada. Por último se evacúa el líquido y se efectúa el vacío final.

La segunda modalidad recibe el nombre de proceso Lowry y es semejante al anterior con la excepción de que al principio del tratamiento no se inyecta aire a presión. Se emplean estos procesos a tratamientos con creosota y preservadores oleosos. Este proceso se llama así porque el preservador queda en las paredes celulares, pero las cavidades celulares quedan vacías.

b) Célula Llena. En este método, la madera se coloca en un cilindro o autoclave, y se aplica un vacío inicial. Se llena el cilindro con una solución preservadora hasta alcanzar la presión hidráulica especificada. Esta presión se mantiene el tiempo suficiente para obtener el grado de tratamiento deseado (retención y penetración). A continuación se drena el cilindro y se aplica opcionalmente un vacío final que limpia la superficie de la carga para facilitar su manejo. En este proceso se emplean preservadores hidrosolubles y las células quedan con sus cavidades celulares llenas de líquido, que al evaporarse depositan los tóxicos en las paredes celulares.

2.2.5 USOS¹³

2.2.5.1 Estructurales

El uso estructural más común de la madera en Guatemala, es en la construcción de viviendas; teniendo las siguientes aplicaciones:

Artesonado:

Se le da el nombre de artesonado a la construcción de armaduras y estructuras en madera para techos. Por medio de los tratamientos químicos, térmicos y electrónicos, se ha logrado hacer de la madera un material incombustible, resistente a los insectos y a la intemperie, ligero y con un comportamiento magnífico, cuando se ve sometida a esfuerzos de flexión y de compresión.

Mediante la aplicación de vapor y presión, es posible darle diversas formas curvas con respecto a uno o varios planos, por lo que su versatilidad en lo que a formas respecta, ha sido aumentada considerablemente con la introducción de estos sistemas.

Utilizando la madera contrachapeada y aglutinada con pegamentos de fraguado electrónico, se han contruido arcos parabólicos de 70 m. de claro y 47 m. de altura.

Cielos Falsos:

Además de que un cielo falso o raso es un aislante acústico y térmico, se puede aprovechar como reflector de la luz, contribuyendo a la mejor iluminación del local, por esta razón no debe renunciarse al empleo de los cielos rasos, actualmente existen muchos materiales para este objeto, los cuales reúnen características de diseño, tales como materiales acústicos, transparentes, etc.

Entrepisos:

Se denominan así aquellos que en una construcción separan horizontalmente los diferentes niveles y que constituyen a la vez el piso de uno de ellos, y el techo del otro, un entrepiso puede constar de los siguientes elementos:

a) Estructura: será esta parte el elemento resistente que deberá ser calculada con la suma de las cargas tanto vivas como muertas en una construcción.

b) Pavimento: será esta capa sometida directamente al desgaste, por lo que deberá seleccionarse siempre un material adecuado que estará en función del uso al que vaya a estar sometido.

c) Capa aislante: puede exigirse en un entrepiso determinadas características de aislamiento, el cual podrá ser acústico, térmico o bien contra el fuego.

Tabiques:

Se denominan así aquellos elementos que en una construcción separan verticalmente los diferentes ambientes y que constituyen a la vez tabiques de madera entre uno y otro.

Formas de construcción:

Consta de un bastidor, el cual será hecho de tiras verticales y horizontales, cuyas medidas y distribución, estarán de acuerdo con el material de que se recubrirá, por lo que al proyectarlo es necesario conocer de antemano dicho material de recubrimiento, para poder así repartir las tiras evitando el desperdicio, este material podrá ser duela o tabla en cuyo caso se podrá dar importancia a los travesaños colocados en el sentido transversal al que vaya el recubrimiento hojas de plywood o similares, entonces los travesaños deberán estar colocados en medidas múltiples del ancho del plywood, táblex, flexwood, fibracel, etc.

¹³ Según referencia No. 7.

Materiales de forro:

Como los más usados en Guatemala se pueden citar los siguientes: machihembre, pino, ciprés, cedro, conacaste; estas duelas se pueden obtener de las siguientes medidas:

de ½ x 4 (1.27 x 10.16 cm.) x longitud variable	½ x 6 (1.27 x 15.24 cm.) x longitud variable
½ x 8 (1.27 x 20.32 cm.) x “	½ x 10 (1.27 x 25.4 cm.) x “
½ x 12 (1.27 x 30.48 cm.) x “	

Pisos de madera:

Se denominan pisos a la superficie horizontal o suelos de una habitación, que forman el material de desgaste. Los cuales deben ser no sólo resistentes, sino también rígidos, los pisos de madera son un excelente material para este uso en forma de duelas (duela se llama cada pieza de machihembre, o parquet).

Por la belleza de su aspecto debe reunir características especiales, tales como dureza adecuada, buena estabilidad, acabado terso, etc.

Cimentación:

La cimentación sobre pilotes es fundamentalmente necesaria cuando el suelo no ofrece suficiente resistencia para poder utilizar cimientos de tipo corriente, este tipo de cimentación se encuentra todavía en estudio y la experiencia juega un papel muy importante para poder tomar decisiones.

2.2.5.2 Obras falsas

Los materiales más usados en la construcción de formaletas son: madera y plywood.

Madera. Prácticamente todos los trabajos de formaletas no importando la forma que tengan, necesitan del auxilio de la madera. Este ha sido el material que por fácil manejo y trabajabilidad ha tenido mayor aceptación en todos los trabajos de construcción. Hay varias clases de maderas que pueden usarse, pero éstas varían en grado, tamaño y largo, en cada país. Cualquier clase puede usarse para la construcción de formaletas, pero existiendo maderas suficientemente resistentes y de bajo costo, se ha preferido el uso de estas.

En Guatemala, la madera que más aceptación tiene para cualquier trabajo, es el pino. Debe tenerse especial cuidado al comprarlo, ya que debe ser "Término medio", esto es muy importante porque cuando se encuentra totalmente seco, su expansión al mojarse es demasiado grande, y cuando está demasiado verde, se contrae con mucha facilidad, dificultando así su colocación y su alineamiento, sobre todo en tiempo de calor.

Según el grado de acabado que se quiera en una fundición, debe procurarse no usar madera vieja con madera nueva, ya que en esta forma no se logrará un acabado uniforme.

Para las maderas de Guatemala se emplearán tres grados estructurales:

1. Madera tipo "A"
2. Madera tipo "B"
Utilizadas para construcciones permanentes.
3. Madera tipo "C": Utilizada para construcciones provisionales o auxiliares.

Para el diseño de formaletas se permite incrementar en un 25% aproximadamente los valores de los esfuerzos, debido a la poca duración de la carga, ya que la formaleta será usada una sola vez.

Acabado superficial y tamaños de madera.

La madera que ha sido alterada en su superficie por medios mecánicos, recibe el nombre de "Madera cepillada"; así pues, hay dos clases de madera que dependiendo del uso al que se le destine, podrá ser rústica o madera cepillada.

Al cepillar un trozo de madera, éste se reduce entre 3/16" (0.48 cm.) y ½" (1.27 cm.) en su grueso.

La madera cepillada generalmente se usa para entarimados de losas, vigas y columnas, dejando la madera rústica para los largucros, puntales y toda clase de riostras.

El largo de las piezas debe obtenerse según el largo normal de cada país, pero siempre tomando en cuenta el menor desperdicio debido a los cortes.

En Guatemala el largo es de 12' (3.66 m.), aunque algunas veces pueden adquirirse longitudes mayores; sin embargo, en la práctica, no es recomendable usarlos porque cualquier largo especial encarece la obra.

Entarimado con piezas machihembradas:

Cuando el acabado superficial es muy importante, se acostumbra usar piezas machihembradas regularmente angostas, con un ancho máximo de 6" (15.24 cm.) a 8" (20.32 cm.), éstas tienen la ventaja de dar un alineamiento perfecto y de evitar que se pierda agua y cemento como sucede en el entarimado corriente de tabla.

Esta clase de entarimado es de gran utilidad cuando se usa el sistema de formaleta deslizante para la construcción de silos, tanques y edificios.

Plywood:

Se ha generalizado mucho el uso del plywood para entarimados debido al tamaño de las planchas que normalmente son de 3' x 7' (0.91 m. x 2.13 m.) o de 4' x 8' (1.22 m. x 2.44 m.), se obtiene una considerable economía en la mano de obra, sobre todo en el entarimado de losas. Se pueden obtener dos clases de plywood: el exterior y el interior, cualquiera de los dos puede utilizarse para formaleta; pero si se desea que esta sirva para varias fundiciones, es preferible usar el tipo exterior.

Uso del plywood en superficies curvas:

Cuando se usa plywood para entarimados de superficies curvas puede obtenerse un radio mínimo de curvatura de 15". La tabla siguiente muestra los radios mínimos de curvatura para diferentes groesos, según se use la plancha con la fibra horizontal o vertical. Debe notarse que el radio menor se obtiene cuando el plywood es curvado con la fibra vertical.

Radio de curvatura mínimo para planchas de plywood.

Groeso de la plancha en pulgadas	Curvatura con la fibra vertical	Curvatura con la fibra horizontal
1/4 (0.64 cm.)	15" (0.38 m.)	24" (0.61 m.)
3/8 (0.95 cm.)	36 (0.91 m.)	54 (1.37 m.)
1/2 (1.27 cm.)	72 (1.83 m.)	96 (2.44 m.)
5/8 (1.59 cm.)	96 (2.44 m.)	120 (3.05 m.)
3/4 (1.91 cm.)	120 (3.05 m.)	144 (3.66 m.)

2.2.5.3 Ebanistería

La madera constituye uno de los materiales más valiosos para la construcción en general y especialmente para la ebanistería, siendo sus productos más utilizados en construcción los siguientes:

Closets:

Son muebles que han venido a substituir en el diseño moderno a los antiguos roperos o armarios. Estos muebles se construyen de madera de diversas formas y materiales.

Puertas y Ventanas:

Constituyen la rama más importante de la carpintería dentro de la arquitectura y construcción modernas, teniendo una diversidad de diseños, usos y tipos de madera.

2.2.6 CORCHO, CAÑAS, CUERDAS Y COLAS¹⁴

2.2.6.1 Corcho

Es la corteza del alcornoque (*Quercus suber*); está formada por células tubulares microscópicas llenas de aire sobre la zona generatriz suberosa; haciéndose elástica por impregnación de suberina y engrosando por yuxtaposición, se forma el corcho grueso, que es elástico, impermeable, aislante e imputrescible, $d = 0.12 - 0.24$ m. El corcho se produce desde los dos años del árbol, formándose la primera hilada de células suberosas, dispuestas radial y tangencialmente, y a los tres o cuatro años se desgarran y caen en planchas.

A los quince años adquiere la corteza de corcho algunos centímetros de espesor; es poco homogéneo y elástico, agrietándose profundamente, y se denomina corcho virgen depreciado. Al corcho que se forma después se le llama corcho cultivado, y al cabo de diez años adquiere un espesor de 20 cm., arrancándose en planchas, que se prensan y secan después de haberlas hervido durante una hora. Se emplea en construcción, en la fabricación del linóleo y aglomerados para aislantes y pavimentación.

2.2.6.2 Cañas

La caña de bambú, clasificada científicamente como Bambusoideae o Bambusaceae, se encuentra en casi todas las zonas tropicales y subtropicales, y en muchas zonas templadas del mundo. Por sus extraordinarias cualidades físicas, su forma y bajo peso, el bambú ha sido el material de construcción de uso más diversificado que haya existido. Su bajo costo y fácil disponibilidad ha permitido a la gente de pocos recursos económicos, tanto de América Latina como de algunos países de Asia, emplearlo en todo tipo de construcción, por lo cual se le ha llamado "La madera de los pobres".

Usos del bambú

El bambú es el material más antiguo empleado por el hombre cuyos usos son muchos y muy variados. En el transcurso de los siglos el hombre asiático ha obtenido de esta planta fuentes de alimento, vestido, vivienda, herramienta, instrumentos musicales, armas, transporte, juguetes e infinidad de objetos de uso doméstico. Para muchas tribus primitivas, el bambú llegó a ser un elemento tan indispensable para su subsistencia que incluso lo consideraban un Dios, al cual adoraban.

Es invaluable el extraordinario servicio que el bambú ha desempeñado en los diversos campos de la ingeniería. En la ingeniería civil sobresale el empleo de cables de bambú en la construcción de grandes puentes colgantes, con los cuales los chinos lograron cubrir luces superiores a los 100 metros. En construcción su uso se extiende para andamios, cimentaciones, postes, columnas, vigas, armaduras, costaneras, muros, techos y hasta puertas y ventanas. En la ingeniería hidráulica y sanitaria el bambú se ha prestado para contruir diques de protección, para fuentes de agua y abastecer así a los habitantes de los poblados rurales, para la conducción de agua mediante tubos y canales, e incluso en algunas áreas de Taiwán, el bambú es utilizado en pozos con una profundidad hasta de 150 metros en lugar de tubería de hierro galvanizado.

2.2.6.3 Cuerdas

Están constituidas por un conjunto de hilos de cañamo, esparto, lino o yute., retorcidos o trenzados, formando unos cuerpos alargados, flexibles y resistentes, empleándose para elevar o suspender pesos, sujetar o atar piezas, etc.

Cualquiera que sea la substancia de que se hagan las cuerdas, se fabrican de la misma forma: rompiendo el tallo por batido con piedras o rodillos, para separar la fibra del leño, sumergiéndolas en agua corriente, el *enriado*, para que ablande las fibras y arrastre las substancias que las unen, y secan al sol o en estufas a temperatura inferior a 50°C. Después se golpean o espadan con una tabla de canto o con mazos, para que se desprenda la corteza y queden sueltos los filamentos, que se peinan con un rastrillo metálico, en el que se recoge la estopa y queda la fibra limpia, en condiciones de formar las cuerdas.

Las cuerdas se hacen por torsión de las fibras, de derecha a izquierda, y recibe el nombre de *filástica*. La elasticidad tiende a destorcer la filástica fuertemente torcida, y uniendo varias y dejarlas en libertad, al

¹⁴ Según referencia No. 15.

destorcerse se arrollan unas en otras, formando hilos que, si están constituidos por dos filásticas finas se llaman *bramantes*, y si por tres o más, *cordones o ramales*.

Si se aumenta la torsión de varios cordones, se unen como las filásticas y deja actuar su elasticidad, se enroscan unos en otros, formándose una cuerda o cabo.

Por torsión de varios cabos se forman los *cables o calabrotos*.

Las fibras están retorcidas o acolchadas de derecha a izquierda en las filásticas y cabos, y de izquierda a derecha en los cordones y cables.

Las cuerdas planas se fabrican con varios cordones yuxtapuestos sin colchar, y sujetos por ligaduras, formando una sección rectangular, empleándose en minería, para que no abulten tanto en los tornos como si fueran redondas.

Los hilos que forman las cuerdas se adhieren unos a otros por torsión, lo que determina a todo lo largo de su longitud un gran rozamiento que impide se separen, siendo debido a esto la gran resistencia de las cuerdas. Las cuerdas de cáñamo nuevas resisten a la tracción de 1,200 a 1,350 Kg/cm², y 500, las muy usadas. El módulo de elasticidad $E = 6,000$ a $15,000$ y término medio $7,500$, para la sección efectiva de la cuerda, que vale $0.66 \times (\pi \times d^2)/4$. Para la sección aparente, $(\pi \times d^2)/4$, estos valores hay que reducirlos a $2/3$.

Las cuerdas alquitranadas son menos resistentes, los $2/3$ o $3/4$, de las sin alquitranar. Lo mismo le sucede a las cuerdas mojadas, en la misma proporción, y se acortan $1/30$.

Las cuerdas de esparto se denominan: tomizas y lías, a las trenzadas, y tiros de mano, bringas y maromas, a las colchadas.

Las cuerdas de cáñamo son todas colchadas, llamándose betas, guindalezas, calabrotos y cables, según su diámetro.

2.2.6.4 Colas o adhesivos

Se emplean para pegar cuerpos orgánicos puestos en contacto, y tienen por fundamento la adhesión a los tubos capilares, la cohesión de las partículas del adhesivo y la afinidad química entre las superficies encoladas y la cola, es decir, que sean ambos polares o no, como por ejemplo, la madera, que es muy polar, y las colas animales, y mejor aún los metales que no son polares, precisan aglutinante que no lo sea, como el cemento y resinas vinílicas.

Las colas se clasifican en animales, vegetales y sintéticas, según el procedimiento de obtención.

Colas animales. Son las de glutina, caseína y albúmina de sangre.

Las *colas de glutina* se preparan con pieles, cuero y pescado, especialmente vejigas de peces, siendo su principal constituyente del tejido conjuntivo de la piel el colágeno, que, por hidrólisis, de la *glutina* (cola), cuerpo albuminoideo, insoluble en agua fría, pero que se hincha y disuelve en caliente. Se tratan con cal, y después de lavar, se extrae la sustancia gomosa con agua caliente, que luego se evapora. La *gelatina* es la forma más pura de cola de piel.

La *cola de conejo* se prepara con retazos de conejo y liebre y es la más cara.

Se obtiene la cola de *huesos* tratando los residuos de mataderos por una lechada de cal para saponificar las grasas y disolver todas las sustancias no colágenas. Se lava y descalcifica con ácido sulfuroso y hierve para disolver la cola. Se concentra al vacío al 40% y vierte en mesas, formando una capa de 10 mm. de jalea semisólida, que se corta en trozos y pone a secar en redes con aire caliente; después del secado contiene todavía el 15% de agua. Se llama vulgarmente cola de carpintero y es más oscura que la de pieles.

La cola animal se prepara, además de en tablas, en polvo, copos, perlas, escamas, según como se la seque, y también líquida, en frío, añadiéndole productos como el cloruro de cinc o ácido acético, y se llama sindeticón.

La cola de pescado es líquida en estado natural.

La cola animal se caracteriza por dar geles elásticos hasta concentraciones de 0.2%, los cuales, por procedimientos mecánicos de agitación o aumentando la temperatura, pueden convertirse reversiblemente en soles (tixotropía).

Se emplean en construcción para pegar la madera, papel y en pintura.

Las buenas colas animales resisten 80 - 90 Kg/cm², a tracción.

La *cola de caseína* se prepara con caseína extraída de la leche, soja o sintéticamente, y solubiliza con hidróxido cálcico y bórax. Se vende comercialmente en forma de polvo, mezclada con hidróxido cálcico y formol, como antiséptico. Se prepara en frío, empleándose para la fabricación de la madera contrachapeada y pinturas emulsionadas.

Son más resistentes al agua que la cola animal, pero tienen menor resistencia mecánica: 50 - 60 Kg/cm².

La *cola de albúmina* se hace con sangre de animales cuyo suero se seca. Se disuelve en agua a temperatura ordinaria y a 70° coagula y es insoluble. Se utiliza también para la madera contrachapeada y ebanistería.

Colas vegetales. De albúmina, dextrina, almidón, goma arábica, etc.

El almidón con agua caliente se hincha y forma el engrudo de almidón. Se preparan las *colas de almidón* disgregando el almidón con lejía de sosa; se trata por ácido nítrico y añade formaldehído para su conservación. Son muy viscosas, empleándose para pegar papel.

La goma arábica es una resina vegetal soluble en agua y en caliente forma colas muy viscosas. La producen acacias tropicales. Son resistentes a la humedad, hongos e insectos y se alcanzan resistencias mecánicas a veces superiores a los cuerpos que unen.

Se reconoce el origen de las colas porque al arder las de origen animal huelen a cabellos o plumas quemadas, y las vegetales, a celulosa, como el papel.

Colas sintéticas. Se obtienen con resinas artificiales sintéticas o con ésteres de celulosa.

La *baquelita*, obtenida por condensación del fenol y formaldehído, forma una combinación que es resistente al agua. Se emplea en la madera contrachapeada.

Análogamente se produce, con la urea y formaldehído, los griptales y ésteres vinílicos.

Las colas de ésteres de celulosa son disoluciones de coluloide, nitrocelulosa, acetilcelulosa, en disolvente orgánico.

CAPITULO 3

MATERIALES AGLOMERANTES Y MORTEROS

3.1 INTRODUCCION

Los materiales aglomerantes comprenden la variedad de productos no metálicos e inorgánicos que pueden mezclarse con agua u otro líquido para formar una pasta. La pasta, que es plástica temporalmente, se puede moldear, puede tener o no agregados incluidos en ella. Más tarde, se endurece o fragua en una masa compacta.

Los materiales aglomerantes simples, como cales y yesos, se producen al expulsar un líquido o gas de un mineral natural. Sus propiedades adhesivas provienen de la reabsorción del líquido o gas que se expulsó y de la formación de los mismos compuestos químicos que formaban el material en su forma primitiva.

Los cementos hidráulicos más complejos adquieren sus propiedades aglomerantes de la formación de nuevos compuestos químicos durante el proceso de fabricación. El término hidráulico aplicado a los cementos, significa que es capaz de desarrollar resistencia y endurecerse en presencia de agua.

3.2 CLASIFICACION

Se clasifican en : a) aéreos o no hidráulicos; b) hidráulicos.

a) *Aglomerantes aéreos.*- Los que sólo endurecen en el aire, dando morteros no resistentes al agua. Comprenden el yeso, la cal y la magnesia.

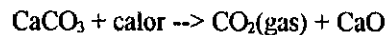
b) *Aglomerantes hidráulicos.*- Aquellos que se endurecen en forma pétreo tanto en el aire como en el agua. Pertenecen a este grupo las cales hidráulicas y los cementos. Se incluyen las puzolanas, que, aunque por sí solas no endurecen o fraguan, si se mezclan con cales, dan productos hidráulicos.

Los aglomerantes son cuerpos sólidos, finamente pulverizados, que al reaccionar con el agua fraguan y endurecen en un tiempo más o menos corto, formando cuerpos cristalinos, capaces de aglomerar diversos cuerpos pétreos, metálicos y orgánicos. Son pues, hidrófilos.

3.3 CAL¹

Es un material aglomerante simple, producido eliminando el agua de los materiales naturales por medio de la calcinación, de alguna forma, del Carbonato de Calcio (caliza, tiza, concha coral). Sus propiedades aglomerantes se originan por la reabsorción del agua expulsada y la formación de los mismos compuestos químicos de que estaba formado el material original.

La piedra caliza está entre los minerales más importantes en la industria y desarrollo de las ciudades. La cal es el producto de la descomposición de rocas calizas, y la caliza calentada a temperaturas superiores a los 900°C produce:



Indicándose en la misma, que el carbonato cálcico por la acción del calor se descompone en Oxido de Calcio o lo que comunmente se conoce como "cal viva" y desprende Anhídrido carbónico.

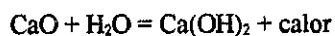
La reacción química es reversible si se permite la acumulación de gases, pues, la presión ejercida por éstos puede forzar a que se invierta el sentido de la reacción o sea, que el Oxido de calcio y Anhídrido carbónico obtenidos al descomponerse el Carbonato pueden combinarse de nuevo e integrarse y formar otra vez dicho carbonato. Debido a las diferencias en la composición química de la piedra caliza que dá origen a las cales, se obtiene una variedad de productos de cal que van desde las cales puras, altamente cálcicas o cales grasas, hasta las eminentemente hidráulicas, cuyo contenido de Oxido de Calcio baja hasta un 50%, o más.

De lo anterior se deduce la existencia de dos clases de cales: la cal aérea y la cal hidráulica. La cal viva (CaO) u Oxido de calcio (sólido blanco amorfo) aparentemente cristaliza en un sistema regular cuando se

¹ Según referencia No. 1.

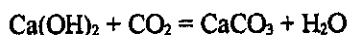
funde a 2,570°C. Su peso específico relativo es del orden de 3 a 3.4, y es inestable por tener una gran avidez por el agua.

Con el agua reacciona:



El Ca(OH)_2 Hidróxido de calcio es lo que se llama cal apagada. El Ca(OH)_2 es sólido, blanco, amorfo, pulverulento y algo soluble en agua, a la que comunica un color blanco.

La cal apagada en pasta, mezcla suficiente de Ca(OH)_2 y agua, se endurece lentamente en el aire. Este endurecimiento se llama también fraguado y es debido a desecación por evaporación del agua y la carbonatación subsiguiente por absorción del CO_2 del aire.



Formando Carbonato de calcio y agua, reconstituyendo la caliza de donde se partió.

La reacción es lenta, empieza a las 24 horas y puede durar más de 6 meses. Se verifica más rápidamente al aire seco. En aire húmedo se dificulta mucho y no se realiza dentro del agua. Al fraguar se produce una contracción que puede producir en algunos casos, asentamientos y grietas. Como se dijo anteriormente, el producto que se obtiene de calcinar o quemar la piedra caliza es la cal viva. Por éste proceso es que reacciona el Calcio (o el Magnesio), además desaparecen las impurezas que trae la piedra. Se logra dar éste por el gran calor que se desarrolla en el horno. Aún así, en ningún momento el producto obtenido es completamente puro.

Siempre existirán pequeñas partículas de Carbonato de Calcio o Magnesio que no reaccionaron con la calcinación, por lo que si es muy grande la proporción, la cal será pobre o un producto con poca cal disponible, ya sea para hidratación o para algún otro uso en la industria. Este fenómeno es conocido como pérdida al fuego del producto.

Para muchas aplicaciones, un contenido mínimo de Carbonato de calcio no es dañino, pero si tiene además, otro tipo de impurezas como el Sílice, la Alúmina o el Oxido de hierro, se tendrá una mayor probabilidad de que no cumpla con los requerimientos para su uso o dañe el o los procesos o construcciones donde se use.

Al efectuarse la calcinación, la cal resultante ha absorbido una gran cantidad de energía en forma de energía calorífica, por lo que se le considera una reacción del tipo endotérmica. El intercambio calórico es de 425 Kcal/Kg., teórico. El producto resultante tiene ahora una gran porosidad y es altamente activo (con el agua principalmente) si los terrones de cal viva se siguen calentando llega el punto donde empezará a perder actividad química y se volverán densos hasta que se quemen y queden completamente inertes.

3.3.1 PROPIEDADES DE LA CAL

La cal viva, en el momento que es producida desde el horno, es blanca, grisácea o amarillenta, en terrones (terrones de cal) o en pequeños pedazos (piedrecilla de cal), esto dependiendo del tipo de horno. La cal molida absorbe el Dióxido de Carbono y la humedad del aire, cuando se hidrata con el mínimo de agua da un polvo seco, el producto es conocido como cal seda hidratada. Cuando es terminada con exceso de agua es una mezclilla de cal (pasta de cal) mientras que con un exceso grande de agua da una suspensión que es llamada cal lechosa. La cal es muy violenta y debe tenerse cuidado al agregarle agua a la cal viva, y evitar los efectos explosivos.

Entre las propiedades industriales de la cal se pueden mencionar las siguientes:

- a) La cal es un material alcalino y reacciona con ácidos de forma Calcio-sal.
- b) Rápidamente absorbe gases ácidos, incluyendo el Azufre.
- c) Reacciona químicamente a alta temperatura con alteraciones en metales y otros minerales.
- d) Porque la finura extrema permite amoldar las partículas de la cal hidratada y al agregarle agua es altamente pastosa y sirve muy efectivamente en repellos, mezclas, mezclas de enyesados; cuando tal pasta o sus mezclas de arena son secas, endurecen y dan un producto de significativo poder, y este poder aumenta con la cal porque absorbe el Dióxido de Carbono, convirtiéndose la cal en Carbono cálcico.

e) La cal neutraliza la acidez del suelo con fines agrícolas, aporta macronutrientes a los suelos (Ca y Mg).

Las propiedades de la cal están directamente ligadas al uso que se le dé. Por lo tanto se tiene que hacer una separación según sus propiedades importantes, dentro de las cuales está el índice de hidráulicidad y forma de comportamiento.

El índice de hidráulicidad es el inverso del módulo de hidráulicidad y este módulo mide la relación entre el peso de los elementos básicos (Ca y Mg) y los áridos ($\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$).

Índice de hidráulicidad:

$$I = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{CaO}$$

$$I = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{CaO} + \text{MgO})$$

En base al índice de hidráulicidad se pueden dividir las calces como sigue:

ARCILLA %	CARBONATO DE CALCIO %	I	TIEMPO DE FRAGUADO
0.0 A 5.4	100.0 A 94.7 Calces grasas y magras	0.0 a 0.10	No
5.3 A 8.2	94.7 A 91.8 Calces débilmente hidráulicas	0.10 a 0.16	15 a 30 días.
8.2 A 14.8	91.8 A 85.2 Calces medianamente hidráulicas	0.16 a 0.31	10 a 15 días.
14.8 A 19.1	85.2 A 80.2 Calces propiamente hidráulicas	0.31 a 0.42	5 a 9 días.
19.1 A 21.8	80.9 A 78.2 Calces eminentemente hidráulicas	0.42 a 0.50	2 a 4 días.

3.3.2 USO DE LA CAL EN LA CONSTRUCCION

La cal como material cementante tiene diferentes usos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes: como un aglomerante para morteros y materiales decorativos para acabados. El uso de la cal en morteros, para la unión de blocks y ladrillos en la construcción de paredes y para repellos es el más tradicional.

La cal fué sustituida por el cemento Portland, sin embargo después del descubrimiento de este cemento la cal volvió a ser usada para dar una mejor fuerza a los morteros, aunque en las ciudades donde el cemento y la cal son fácilmente obtenibles la restitución ha sido sólo parcial, este material cementante no desapareció totalmente ya que se demostró y por experiencia se sabe que cuando un mortero contiene ambos cal y cemento con arena da los más satisfactorios resultados. Mientras que el cemento da la mejor fuerza, la cal por su propiedad altamente pastosa da una mejor trabajabilidad al mortero. En general la cantidad de cal en proporción con el cemento y la arena, estará dada en función del uso que tendrá el mortero y la resistencia necesaria. Las proporciones más utilizadas en el medio son las siguientes:

	PARTES POR VOLUMEN		
	CEMENTO PORTLAND	CAL	ARENA
MEZCLA A	1	1	6
MEZCLA B	1	2	9

La mezcla A es usada en donde la fuerza y gran resistencia son requeridas al mismo tiempo y la mezcla B donde estas propiedades no son necesarias. Donde las arenas son muy finas y han sido usadas, porque la arena es escasa, pueden ser usadas proporciones más altas, pero el cemento puede necesitar elevarse ya que la arena fina puede afectar la resistencia. En algunas circunstancias una mezcla proporcionada tal como: 1:1:8, puede ser apropiada, en ciudades donde el cemento no está disponible o es anormalmente caro.

Donde las paredes no son expuestas a la lluvia (Como paredes interiores o paredes protegidas por anchos techos colgantes) o en climas áridos son adecuados los morteros compuestos de 1 parte de cal y 2 o 3 partes de arena, si se requiere un poco más de fuerza es conveniente una mezcla de una parte de cemento 2 de cal y 8-9 partes de arena, por volumen, es apropiado para tal construcción, y para separación de paredes en construcciones más altas.

Otro uso muy común de la cal es para el repello y cernido de exteriores e interiores de paredes y losas, según la disponibilidad de este material el uso puede variar de ciudad en ciudad. Aparte de los usos directos de la cal en la construcción, es empleada en la fabricación de un gran número de productos de construcción o derivados de ésta.

El mortero de cal está constituido por la cal aérea y arena, sirviendo esta última para evitar cambios volumétricos especialmente la contracción y fisuras por desecación y carbonatación. El proceso descrito es lento y se realiza desde la superficie al núcleo central de la pasta. Si hay ambiente muy seco la carbonatación se verifica en un lapso de tiempo prolongado, pues la misma requiere de alguna humedad para llevarse a cabo.

Los morteros hechos con cal aérea pueden definirse así:

Mortero de cal: constituido por cal aérea (grasa o magra y arena).

Mortero de cal reforzado: constituido por cal aérea, arena y cemento.

Mortero de cal adicionado: constituido por cal aérea y un aditivo (plastificante o impermeabilizante).

Mortero de cemento atenuado: constituido por cemento, arena y cal aérea.

La cal además de ser usada en la construcción de estructuras de mampostería también puede ser utilizada en la estabilización y modificación de suelos en trabajos de carreteras, aeropuertos, estacionamientos, etc.

3.3.3 CLASIFICACION DE LA CAL

CAL AEREA	<ul style="list-style-type: none"> Cal grasa Cal árida Cal fuerte
CAL HIDRAULICA	<ul style="list-style-type: none"> Débilmente hidráulica Medianamente hidráulica Propiamente hidráulica Eminentemente hidráulica

Por su velocidad de hidratación:

- a) Hidratación rápida: empieza a hidratarse en menos de 1 minuto y se completa en 10.
- b) Hidratación media: empieza a hidratarse entre 1 a 5 minutos y tarda entre 10 y 20 minutos.
- c) Hidratación lenta: principia a hidratarse después de 5 minutos y tarda más de 20 minutos.

La cal viva puede clasificarse de la siguiente manera:

- a) Cal en terrón: partículas de 4" a 12".
- b) Cal granular: tamaño no mayor de 1/4".
- c) Cal triturada: a tamaño especificado.
- d) Cal pulverizada o en polvo, pasa tamiz No. 100.

La cal, dependiendo de las propiedades originales de la caliza de donde se explotó, se puede clasificar en varios grupos, con diferentes características cada uno. Como por ejemplo se tiene la cal químicamente pura: es un tipo de cal que ha sido procesada al punto de contener arriba del 97% de Oxido de Calcio, menos de 2% de Oxido de magnesio y menos de 5% de arcilla y otras impurezas. Cuando está ya hidratada contiene arriba del 96% de Hidróxido de calcio. En cuanto a la caliza, es calcita con una proporción arriba del 90% de carbonato de calcio.

3.3.3.1 Cal aérea

Contiene menos del 10% de elementos ácidos solubles. Se endurece gracias a la combinación con el Anhídrido carbónico del aire y cediendo el agua que va quedando en libertad (desecación).

La cal aérea se llama también cal grasa y cal que al apagar da una pasta untuosa que aumenta mucho de volumen, y que permanece plástica en sitios húmedos fuera del contacto del aire. Contiene más del 85% de Oxido de calcio hasta un 97%, e hidrata entre 85% y 96% de Hidróxido de calcio. La caliza contiene arriba

del 75% de Carbonato de calcio. El rendimiento o la relación entre el volumen resultante de la cal apagada y el primitivo de la cal viva es del orden de 2.5 a 3.5 veces; por ejemplo 1,000 Kg. de cal viva dan aproximadamente 300 Kg. de cal apagada en pasta o unos 0.25 m³ aproximadamente.

3.3.3.2 Cal hidráulica

Se hace por calcinación de una piedra caliza que contenga sílice y aluminio, a una temperatura justo inferior a la de una fusión incipiente, en forma muy semejante a la que se produce en la cal viva. Al apagarla (hidratarla), se agrega sólo el agua suficiente para hidratar la cal libre (CaO) formada, pero para dejar suficientes silicatos de calcio sin hidratar, a fin de que el polvo seco tenga sus propiedades hidráulicas aglomerantes. Debido a su bajo contenido de silicato y alto contenido de cal, las calces hidráulicas son de poca resistencia. Su uso principal es en morteros para albañilería.

3.4 YESOS²

Es el producto resultante de la deshidratación parcial o total del algez o piedra de yeso. Reducido a polvo y amasado con agua, recupera el agua de cristalización, endureciéndose.

El yeso es el aglomerante artificial más antiguo conocido por la Humanidad, según las investigaciones practicadas, en las construcciones más remotas. Se empleó en Egipto, en las Pirámides, hace cuatro mil quinientos años, y en otros monumentos funerarios. Los griegos y romanos le usaron poco en sus monumentales construcciones.

Los árabes hicieron de él gran uso como yeso de fábrica, y en los decorados, como estuco.

Estado Natural: Se encuentra muy abundante en la Naturaleza, en los terrenos sedimentarios, presentándose bajo dos formas: cristalizado, anhidro (SO₄Ca), llamado anhidrita, y con dos moléculas de agua (SO₄Ca.2HO), denominado piedra de yeso o algez.

La anhidrita es: incolora o blanca, cuando está pura, y coloreada en azul, gris, amarillo o rojiza, cuando contiene arcillas, óxido de hierro, sílice, etc. Su densidad relativa es igual a 2.46, y dureza igual a 3 de la escala de Mohs. De estructura compacta y sacaroides, absorbe el agua rápidamente, convirtiéndose en yeso o algez, aumentando su volumen de 30 a 50 %, y esta dilatación produce grandes trastornos en los estratos que los contiene. Generalmente le acompañan el cloruro sódico y el yeso. En estado puro tiene una composición centesimal de:

SO ₃	58.82 %
CaO.....	41.18 %

El algez o piedra de yeso se presenta cristalizado en el sistema monoclinico, formando rocas muy abundantes, y según su estructura, hay las siguientes variedades:

Yeso fibroso, formado por el SO₄Ca.2H₂O puro, cristalizado en fibras sedosas confusamente. Con él se obtiene un buen yeso para mezclas.

Yeso espejuelo; cristaliza en voluminosos cristales, que se exfolian fácilmente en láminas delgadas y brillantes. Proporciona un buen yeso para estucos y modelados.

Yeso de flecha, cristalizado en forma de punta de lanza; con él se obtiene un yeso excelente para el vaciado de objetos muy delicados.

Yeso sacarino o de estructura compacta; cuando es de grano muy fino, recibe el nombre de alabastro, y es usado para decoración y escultura. Este alabastro se diferencia del calizo por no producir efervescencia con los ácidos.

Yeso calizo o piedra ordinaria de yeso; contiene hasta un 12 % de carbonato cálcico. Da un buen yeso, endureciéndose mucho después de fraguado.

² Según referencia No. 15.

La piedra de yeso o algez en cualquiera de sus variedades, cuando está pura, es incolora o blanca, pero generalmente contiene impurezas, adquiriendo coloraciones amarilla, gris, rojiza, etc., debidas a la arcilla, óxido de hierro, sílice, caliza, etc., en pequeña porción.

Tiene una densidad relativa de 2.28 - 2.32 y una dureza igual a 2 de la escala de Mohs. La composición centesimal es de:

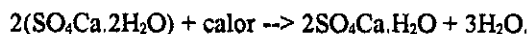
SO ₃	46.51 %
CaO.....	32.56 %
H ₂ O.....	20.93 %

Es algo soluble en el agua, aumentando la solubilidad a medida que lo hace la temperatura, desde 0°C a 37°C, y después disminuye hasta 100°C. Un litro de agua disuelve 1.76 gr. a 0°C; 2.12 gr. a 37°C, y 1.62 gr. a 100°C. Es mucho más soluble en una disolución de cloruro sódico.

El calor actúa sobre la piedra de yeso, de tal forma que hace que se puedan obtener las distintas variedades que se usan en construcción.

La piedra de yeso cristaliza con dos moléculas de agua, es decir: es un bihidrato, SO₄Ca.2H₂O. De estas dos moléculas de agua, una y media molécula están combinadas débilmente, y media molécula, fuertemente. Cien partes, en peso, de doble hidrato contienen 79.07 de SO₄Ca, 15.70 de agua débilmente combinada (una y media molécula) y 5.23 de agua fuertemente combinada (media molécula). La expulsión del agua del bihidrato se hace en dos fases: en la primera se desprende la débilmente combinada, y en la segunda, la fuertemente.

Cuando por la acción del calor se desprende la una y media molécula, se obtiene el semihidrato o yeso de fábrica o estuco:



Si se desprende la fuertemente combinada, se obtiene, según las temperaturas, la anhidrita soluble, anhidrita insoluble o yeso muerto y yeso hidráulico o de pavimento.

Se pueden clasificar los sucesivos estados del yeso, según las temperaturas crecientes de deshidratación, de la manera siguiente:

- 1) Temperatura ambiente: SO₄Ca.2H₂O Bihidrato o algez.
- 2) 128 - 180°C. Formación del 2SO₄Ca.H₂O-Semihidrato.
- 3) 180 - 300°C. Formación del SO₄Ca.γ-Anhidrita soluble.
- 4) 300 - 600°C. Formación del SO₄Ca.β-Anhidrita insoluble.
- 5) 900 - 1000°C. Formación del SO₄Ca.α-Yeso hidráulico.
- 6) 1450°C Temperatura de fusión del yeso.

La deshidratación de la piedra de yeso modifica su peso específico relativo; el yeso bihidratado es igual a 2.32; el semihidratado, igual a 2.75; la anhidrita soluble, igual a 2.80, y el de pavimento, igual a 2.95 a 25°C., desconociéndose el de anhidrita insoluble.

3.4.1 CLASES DE YESOS

Los yesos se clasifican en semihidratados y anhidros, siendo los primeros los de mayor empleo en construcción, y a los que pertenecen los yesos negros o blancos. Al segundo, pertenece la anhidrita, yesos hidráulicos y alúmbrico.

3.4.1.1 Yeso negro o gris

Es el que se obtiene con algez que contiene gran cantidad de impurezas, directamente calcinado, por lo que se ennegrece con los humos y cenizas de los combustibles, groseramente molido, llegando a dejar del 30 - 50% en el tamiz de 0.2 mm. Tiene la riqueza del 60% de semihidrato y se emplea en obras que no hayan de quedar aparentes, bóvedas, tabiques y tendidos.

3.4.1.2 Yeso blanco

El que contiene un 80% de semihidrato y está bien molido, dejando del 1 al 10% en el tamiz de 0.2 mm. Se emplea para enlucir las paredes, estucos y blanqueos.

3.4.1.3 Encayola

Es el yeso blanco de la mejor calidad; contiene 90% de semihidrato, finura del 1% en el tamiz de 0.2 mm.; está formado casi exclusivamente por semihidrato y se emplea para vaciados, molduras y decoración.

3.4.2 ENSILADO O ALMACENAMIENTO

El yeso conviene usarlo cuanto antes mejor, pues si absorbe la humedad no fragua, almacenándose en silos o depósitos elevados, protegidos de la humedad.

3.4.3 APLICACIONES DEL YESO

Se emplea para fabricar tabiques, bóvedas, enlucidos, pavimentos continuos, estucos, moldeos, mármol artificial, blanqueos, etcétera.

3.4.3.1 Estucos

Se obtienen con el semihidrato de muy buena calidad, como el que da la piedra espejuelo. Se amasa con agua de cola, obteniendo una mezcla que, una vez extendida y fraguada, se puede pulir y brillantar. Se hace directamente sobre la pared o preparando placas. Cuando se hace sobre la pared, debe estar bien enlucida con yeso blanco y alisada con la llana. Una vez seca, se extiende una capa uniforme de unos 3 mm. de yeso amasado con agua de cola, y se le deja secar. Se puede dar brillo dando una mano de aguarrás extendida con brocha hasta que se evapore.

Las placas se obtienen vertiendo la pasta fluida sobre unas mesas de cristal untadas de aceite, sobre las que se colocan unos bastidores de las dimensiones y gruesos deseados. Una vez endurecidas y secas, se aplican las hojas sobre las paredes, y después se pulimentan.

Se le pueden comunicar colores empleando diversos óxidos: el amarillo de cromo y el ocre, para el color amarillo y pardo; el cinabrio y hematites, para el rojo; hulla en polvo, para el gris y negro, etc. Se pueden también hacer reaccionar ciertos cuerpos: el sulfato de cobre y el dicromato potásico dan color rojo; el acetato de plomo y el dicromato, dan amarillo; una sal de hierro y el ferrocianuro potásico, dan azul, etc.

Cuando se quiere imitar el mármol, se obtienen los veteados amasando el yeso con agua que lleve en disolución determinadas sales, y pintando con un pincel mojado en una disolución que reaccione con aquéllas, dando lugar a la aparición de colores. También se pueden imitar rompiendo las placas y uniéndolas con una lechada impregnada de otro color.

Estos estucos sólo se pueden emplear en interiores. Para la imitación se usan los estucos de cal, que se obtienen mezclando a partes iguales el yeso con cal grasa de muy buena calidad, apagada por inmersión y finamente pulverizada. Se amasa con agua y se extiende sobre la pared, previamente mojada, dando varias manos de estuco con brocha. Se puede obtener más duro todavía añadiendo silicato sódico; se pule y colorea como los estucos anteriores.

3.5 PUZOLANAS³

Son aquellas sustancias silíceas que, reducidas a polvo y amasadas con cal, forman aglomerantes hidráulicos.

Su nombre está tomado del yacimiento de Puzzuoli, en la bahía de Nápoles, en Italia, y fueron empleadas por griegos y romanos como aglomerantes hidráulicos desde aquella época hasta que VICAT, en el siglo pasado, descubrió las cales hidráulicas.

Las obras públicas y urbanas construidas por dichos pueblos han llegado en buen estado de conservación hasta la actualidad.

Clasificación: Se suelen clasificar en naturales y artificiales, agrupándose así:

- a) Cenizas y tobas volcánicas (riolitas, andesitas y fenolitas).
- b) Rocas silíceas sedimentarias (diatomeas, pizarras y pedernales).

³ Según referencia No. 15.

- c) Arcillas y pizarras calcinadas (caolinita, etc.).
 d) Subproductos industriales (escorias, cenizas volantes y chamota).

Los elementos químicos que las integran son los mismos de los aglomerantes hidráulicos, con defecto de cal, por lo cual, por sí solas, no dan compuestos insolubles.

La composición química de las puzolanas, tanto naturales como artificiales, varían entre los siguientes límites:

Sílice.....	42 - 66%
Alúmina.....	14 - 20%
Oxido de hierro.....	5 - 20%
Oxido cálcico.....	3 - 10%
Oxido magnésico.....	1 - 6%
Alcalis.....	2 - 10%
Agua combinada.....	1 - 15%

3.5.1 PUZOLANAS NATURALES

Son las rocas existentes en la Naturaleza que no precisan para su empleo nada más que la molienda.

Proceden de las rocas eruptivas volcánicas: riolitas, traquitas, andesitas, basaltos, que en forma de ceniza o escorias han adquirido caracteres de una roca deleznable y se llaman tobas.

Otras son sedimentos de rocas silíceas descompuestas, como la gaize francesa.

También pertenecen al grupo de las puzolanas naturales las de origen orgánico, como la harina fósil, Kieselgur, Trípoli, etc., constituidas por los sedimentos de caparazones de infusorios y diatomeas.

Las puzolanas naturales constan fundamentalmente de una masa vítrea que cementa fragmentos de pómez, escoria, pequeños cristales de augita, mica, piróxeno, etc.

Se clasifican en básicas si contienen de un 40 a 55% de SiO_2 ; neutras, de un 55 a 65%, y ácidas, de 65 a 70%.

Las puzolanas más activas son las ácidas y neutras de color claro y ligeras. Las básicas son oscuras y pesadas.

3.5.2 PUZOLANAS ARTIFICIALES

Se forman al calentar las arcillas y pizarras y enfriarlas rápidamente. Esta propiedad fué conocida por las antiguas civilizaciones, indias, egipcias, griegas y romanas, quienes las emplearon en sustitución de las puzolanas naturales, pulverizando ladrillos y tejas, que añadían a las calces grasas y arenas.

Se admite que al calcinar las arcillas se deshidrata la caolinita (silicato aluminico hidratado), obteniéndose anhido con una pequeña proporción en la relación sílice/alúmina, y al amasarlas con la cal dan silicato monocálcico y aluminatos.

También se obtienen puzolanas artificiales con los exquisitos petrolíferos, la gaize, moler, trass, escorias y cenizas volantes, convenientemente activados por el calor.

La preparación de las puzolanas artificiales se reduce a la cocción de las arcillas pizarras a temperaturas que oscilan entre 600 a 900°C., que según sean más o menos calizas, y a una pulverización análoga a la del cemento Portland.

3.5.3 ACCION DE LAS PUZOLANAS

No está todavía aclarada la química de las puzolanas, admitiéndose que la reacción de la cal con la puzolana produce una disminución del hidróxido cálcico, no siendo atacada por los sulfatos, al formarse silicatos y aluminatos cálcicos hidratados que dejan geles de sílice y alúmina.

Las pastas puzolánicas se componen de cal grasa o hidráulica y puzolanas, y aun arenas en las proporciones que convengan al objeto de la obra. La dosificación de 1:1:1 parece ser la más conveniente para trabajos ordinarios aéreos, y la 1:2 y la 1:3, sin arena, para obras marítimas.

Estas mezclas tienen la suficiente estabilidad química para las aguas sulfatadas, pero sus resistencias mecánicas son bajas. Se suele alcanzar una resistencia media, a la tracción, de 20 Kg./cm.², y 155 Kg./cm.², a la compresión, a los veintiocho días. El tiempo de fraguado de las mezclas puzolánicas es variable: como valor medio empieza antes de las cincuenta horas y termina antes de las cien horas. Es activado por la elevación de la temperatura. Para aumentar estas resistencias se hacen mezclas de puzolanas y cemento Portland.

3.6 CEMENTOS

El nombre de cemento se cree deriva de caementum, que en latín significa argamasa, y procede, a su vez, del verbo caedere (precipitar).

Antiguamente se aplicaba a los morteros en general, cualquiera que fuera la sustancia aglomerante, y desde el año 1792, en que PARKER patentó su cemento natural o romano, a los productos resultantes de la cocción de caliza y arcilla.

3.6.1 BOSQUEJO HISTORICO⁴

El inglés J. SMEATON, en 1756 fué encargado de reconstruir el faro de Eddystone, y se le ocurrió investigar las causas del endurecimiento de los morteros hidráulicos, que en aquella época estaban exclusivamente formados por cal y puzolana, y observó que eran los fabricados con calizas arcillosas. J. PARKER, en 1796, descubrió que se podían fabricar cementos hidráulicos naturales calcinando nódulos de caliza arcillosa, llamándoles cementos romanos, por sus propiedades hidráulicas, aunque no se parecen a los morteros hidráulicos. Al mismo tiempo se descubría en Francia otro cemento natural análogo. VICAT, en Francia, a principios del siglo XIX, fabricó cales hidráulicas artificialmente al intentar obtener cementos, para lo cual cocía mezclas de caliza y arcilla por vía húmeda.

Pero se atribuye a JOSE ASPDIN la invención del cemento Portland, pues lo patentó en 1824, y por el parecido de color que adquiere, después de fraguado, con la piedra de la localidad inglesa de Portland, le puso este nombre. La fabricación consistía en obtener primeramente cal, la cual mezclaba con arcilla, la volvía a cocer en hornos análogos a los de cal, y pulverizaba el producto resultante; pero como la temperatura era baja, se obtenía cemento de mala calidad. JOHNSON observó que los fragmentos muy cocidos, una vez pulverizados, fraguaban lentamente, elevándose la temperatura desde entonces hasta un principio de fusión.

Durante todo el siglo pasado se montaron fábricas en Inglaterra, Francia y Alemania, empleando hornos verticales, y a final de siglo se inventó por RAMSOME el horno giratorio que acabó de perfeccionar la fabricación.

3.6.2 CLASIFICACION

Existen varias maneras de clasificarlos, según el fraguado, composición química y aplicación.

- a) Con relación al tiempo del fraguado, se dividen en cementos de fraguado rápido (cementos romanos) y lentos, según que éste termine antes o después de una hora, respectivamente.
- b) Por su composición química se denominan cementos naturales, Portland, grappiers, escorias, puzolanicos, aluminosos, sulfatados, etc.
- c) Según sus aplicaciones, de altas resistencias iniciales, resistentes a sulfatos y de bajo calor de hidratación.

3.6.3 CEMENTO PORTLAND⁵

Los elementos Portland se elaboran con la incorporación de una mezcla de materiales calcáreos (piedra caliza) y arcillosos. La materia prima se dosifica con todo cuidado para tener las cantidades correctas de cal, sílice, óxido de aluminio y óxido de hierro. Después de triturarlos para facilitar la calcinación, la materia prima

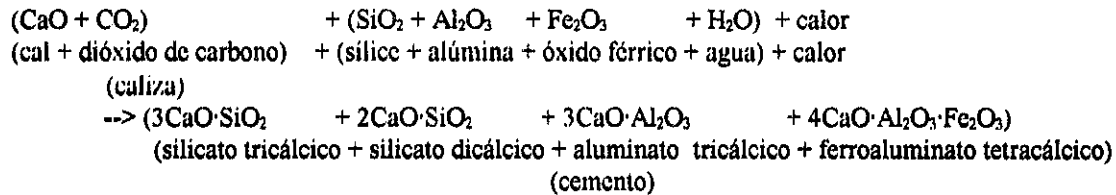
⁴ Según referencia No. 15.

⁵ Según referencia No. 12.

se pasa a un largo horno rotatorio, que se mantiene a una temperatura de alrededor de 2700°C. La materia prima, durante la calcinación, sufre una reacción química y forma nódulos duros, del tamaño de una nuez, de un nuevo material llamado clinker. La reacción se ilustra en la siguiente ecuación, en donde se muestran los cuatro componentes principales del cemento, en forma de productos de reacción.

El clinker, después de descargarlo del horno y enfriarlo, se tritura para formar un polvo fino (no menos de 1600 cm.² por gramo de superficie específica). Durante este proceso de trituración, se agrega un retardador (por lo general un pequeño porcentaje de yeso) para controlar la velocidad de fraguado en el momento en que se hidrate el cemento. El polvo fino resultante es el cemento Portland.

Dado que el cemento Portland se deriva de materia prima sin refinar, por lo general suele haber otros compuestos presentes, además de los compuestos esenciales, indicados en la siguiente ecuación.



Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante, hay cuatro compuestos que consituyen más del 90% del peso del cemento, a saber; silicato tricálcico (C₃S), silicato dicálcico (S₂S), aluminato tricálcico (C₃A) y aluminoferrita tricálcica (C₄AF). Cada uno de estos compuestos puede identificarse en la estructura del clinker de cemento Portland vista al microscopio y cada uno aporta propiedades características que determinan la mezcla final.

3.6.3.1 Tipos de Cemento Portland

Se fabrican diferentes tipos de cemento portland con características físicas y químicas que se especifican según el propósito. En la Norma ASTM C - 150 (COGUANOR NGO 41 005), de especificaciones del Cemento Portland, se contemplan los siguientes ocho tipos:

Tipo I	Normal.
Tipo IA	Normal con inclusores de aire.
Tipo II	Moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo IIA	Moderada resistencia a sulfatos con inclusores de aire.
Tipo III	Alta resistencia a edad temprana.
Tipo IIIA	Alta resistencia a edad temprana con inclusores de aire.
Tipo IV	Bajo calor de hidratación.
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos.

Tipo I

El cemento tipo I es de uso general en la construcción, conveniente para usarse en donde las características especiales de otros tipos no son requeridas.

Tipo II

Cemento modificado para usos generales y se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un calor moderado de hidratación. Estas características se logran al imponer limitaciones en el contenido de C₃A y C₃S del cemento. El cemento tipo II adquiere resistencia con más lentitud que el tipo I; pero, a final de cuentas, alcanza la misma resistencia.

Tipo III

Cemento de alta resistencia inicial, recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días, igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II. Esta alta resistencia inicial se logra al aumentar el contenido de C₃S y de C₃A en el cemento al molerlo más fino. Las especificaciones no exigen un mínimo de finura; pero se advierte un límite práctico cuando las partículas son tan pequeñas, que una cantidad muy pequeña de humedad prehidratará el cemento durante el almacenamiento y manejo. Dado que tiene un gran desprendimiento de calor, el cemento tipo III no se debe usar en grandes volú-

menes. Con un 15% de C_3A presenta una mala resistencia al sulfato. El contenido de C_3A puede limitarse al 8% para obtener una resistencia moderada al sulfato o a 5% cuando se requiere alta resistencia al mismo.

Tipo IV

Cemento de bajo calor de hidratación. Se ha perfeccionado para usarse en fundiciones masivas o voluminosas. Si se utiliza cemento tipo I en volúmenes grandes que no pueden perder calor por radiación, éste desprende suficiente calor durante la hidratación aumentando la temperatura del concreto hasta los 18° o 28°C. Esto causa un aumento relativamente grande de las dimensiones mientras el concreto está todavía en estado plástico; posteriormente, su enfriamiento diferencial, después de endurecer ocasiona que se produzcan grietas por contracción. El bajo calor de hidratación en el cemento tipo IV se logra limitando los compuestos que más influyen en la formación de calor por hidratación, o sea, C_3A y C_3S . Dado que estos compuestos también producen la resistencia inicial a la mezcla de cemento, al limitarlos se tiene una mezcla que gana resistencia con lentitud. El calor de hidratación del cemento tipo IV suele ser de, más o menos, 80% del tipo II, 65% del tipo I y 55% del tipo III durante la primera semana de hidratación. Los porcentajes son un poco mayores después de, más o menos, un año.

Tipo V

Cemento resistente al sulfato y se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y en estructuras expuestas al agua de mar. La resistencia al sulfato del cemento tipo A se logra minimizando el contenido de C_3A , pues este compuesto es el más susceptible al ataque por el sulfato.

PORCENTAJE DE LA COMPOSICION DE LOS CEMENTOS PORTLAND.⁶

Tipo de cemento	Componenete (%)							Características generales
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	$CaSO_4$	CaO	MgO	
I	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	Cemento para todo uso. Liberación de calor baja comparativa; utilizada en grandes estructuras.
II	46	29	6	12	2.8	0.6	3.0	
III	56	15	12	8	3.9	1.4	2.6	Alta resistencia en 3 días.
IV	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	Utilizado en presas de concreto.
V	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	Utilizado en alcantarillas y estructuras expuestas a sulfatos.

Cemento Portland con inclusores de aire.

Están disponibles para producción de concreto expuesto a heladas severas. Estos cementos están disponibles en los tipos I, II y III pero no en los tipo IV y V. Cuando se ha agregado al cemento en fábrica un agente como inclusor de aire, se designa tipo IA, IIA o IIIA.

Cemento Portland Blanco.

Produce morteros de un color blanco brillante para usos arquitectónicos. Para obtener este color blanco en el cemento, es necesario utilizar materia prima con bajo contenido de óxido de hierro, usar combustible libre de piratas y calcinar a una temperatura superior a la normal para el cemento Portland. Las propiedades físicas, por lo general, cumplen con los requisitos para un cemento Portland tipo I o tipo II.

3.6.3.2 Cementos Hidráulicos Mezclados⁷

Recientemente concerniendo a la conservación de la energía, se ha impulsado el uso de subproductos en el concreto de cemento portland. Las mezclas de cementos hidráulicos son producidas mediante la mezcla íntima y uniforme de dos o más tipos de materiales finos. Los principales materiales que conforman la mezcla son:

⁶ Tomado de referencia No. 12.

⁷ Según referencia No. 3.

cemento portland, escorias de altos hornos, cenizas y otras puzolanas, cal hidratada y combinaciones de cemento premezclado de estos materiales. El cemento de horno polvoreado, humos de sílice, y otros materiales están siendo investigados para su uso en las mezclas de cemento.

Los Cementos hidráulicos mezclados deben cumplir con los requerimientos de la norma ASTM C - 595 (COGUANOR NGO 41 001), la cual reconoce las siguientes cinco clases de cementos mezclados:

- Cemento portland de escorias de altos hornos - Tipo IS.
- Cemento portland puzolánico - Tipo IP y Tipo P.
- Cemento portland puzolánico modificado - Tipo I(PM).
- Cemento de escorias - Tipo S.
- Cemento portland de escorias modificado - Tipo I(SM).

Tipo IS

Puede ser usado en construcciones de concreto en general. En la producción de estos cemento, los granos de escorias de altos hornos de selecta calidad son molidos con las escorias de cemento portland, moliendolos por separado y luego mezclandolos, o pueden producirse con una combinación de molienda y mezcla. El contenido de escorias de altos hornos de este cemento es entre 25% y 70% del peso. Los cementos con inclusores de aire, moderada resistencia a los sulfatos, o moderado calor de hidratación pueden ser especificados por la adición de los sufijos A, MS, o MH, respectivamente. Por ejemplo, un cemento portland de escorias de altos hornos con inclusores de aire y moderada resistencia a los sulfatos puede ser designado como Tipo IS-A(MS).

Tipo IP y Tipo P

El cemento Tipo IP puede ser usado para construcciones en general y el Tipo P es usado en donde la alta resistencia temprana no es requerida. Estos cementos son fabricados por molienda de escorias de cemento portland con una puzolana apropiada; por la mezcla de cemento portland o cemento portland de escorias de altos hornos y una puzolana; o por una combinación de molienda y mezcla de los anteriores. El contenido de puzolana de estos cementos es entre 15% y 40% del peso. Ensayos de laboratorio indican que el desempeño del concreto hecho con cemento Tipo IP es similar al del concreto hecho con cemento Tipo I, no obstante la resistencia a esfuerzos a los 28 días puede ser ligeramente menor para el cemento Tipo IP que para el Tipo I. El cemento Tipo IP puede ser designado como: con inclusores de aire, moderada resistencia a los sulfatos, o con moderado calor de hidratación; por la adición de los sufijos A, MS, o MH, respectivamente. El cemento Tipo P puede ser designado como: de bajo calor de hidratación (LH), moderada resistencia a los sulfatos (MS), con inclusores de aire (A).

Tipo I(PM)

Puede ser usado para construcciones en general. Es fabricado mediante la combinación de cemento portland o cemento portland con escorias de altos hornos y puzolana fina. Esto puede realizarse por: (1) mezcla de cemento portland con una puzolana, (2) mezcla de cemento portland de escorias de altos hornos con una puzolana, (3) molienda de escorias de cemento portland y puzolana, o (4) una combinación de molienda y mezcla de los anteriores. El contenido de puzolana de este cemento es menor que el 15% del peso del cemento terminado. El cemento con inclusores de aire, moderada resistencia a los sulfatos, o moderado calor de hidratación puede designarse en cualquier combinación por la adición de los sufijos A, MS, o MH. Un ejemplo de cemento Tipo I(PM) con inclusores de aire y moderado calor de hidratación puede ser Tipo I(PM)-A(MH).

Tipo S

Es usado con el cemento portland en la fabricación de concreto o con cal en la fabricación de morteros, pero no debe usarse sólo en concreto estructural. El cemento de escorias es fabricado por: (1) mezcla de granos molidos de escorias de altos hornos y cemento portland, (2) mezcla de granos molidos de escorias de altos hornos y cal hidratada, o (3) una combinación de mezcla de granos molidos de escorias de altos hornos, cemento portland y cal hidratada. El mínimo de contenido de escorias es 70% del peso del cemento terminado. El cemento con inclusores de aire puede designarse en cementos de escorias por la adición del sufijo A, por ejemplo, Tipo S-A.

Tipo I(SM)

Es usado para construcciones en general. Este cemento es fabricado por: (1) molienda de escorias de cemento portland y granos de escorias de altos hornos, (2) mezclando cemento portland y granos refinados de escorias de altos hornos, o (3) una combinación de molienda y mezcla de los anteriores. El contenido de escorias es menor del 25% del peso del cemento terminado. El cemento Tipo I(SM) puede ser designado con inclusores de aire, moderada resistencia a los sulfatos, o moderado calor de hidratación por la adición de los sufijos A, MS, o MH, respectivamente. Un ejemplo puede ser Tipo I(SM)-A(MH) para un cemento portland de escorias modificado con inclusores de aire y moderado calor de hidratación.

Este cemento puede ser usado en construcciones de concreto cuando las propiedades específicas de otros tipos de cemento tienen una menor resistencia temprana alcanzada en comparación del cemento Tipo I. En consecuencia, si una mezcla de cemento es diluida por la adición de más puzolanas o escorias, el concreto resultante debe ser cuidadosamente ensayado por cambios en la resistencia, durabilidad, encojimiento, permeabilidad y otras propiedades. La colocación y curado a bajas temperaturas puede hacer disminuir significativamente la resistencia ganada e incrementar el tiempo de colocación en concreto de cemento de escorias o puzolánicos.

3.6.3.3 Cementos de Albañilería⁸

Cementos de albañilería, son cementos hidráulicos diseñados para uso en morteros para construcciones de albañilería. Son compuestos de uno o más de los siguientes materiales: cemento portland, cemento portland puzolánico, cemento portland de escorias de altos hornos, cemento de escorias, cal hidráulica, y cemento natural, y en adición usualmente contiene materiales tales como cal hidratada, piedra caliza, yeso, cascajo calcareo, talco o escorias. Los materiales son elegidos por su habilidad de impartir trabajabilidad, plasticidad y retención de agua para morteros de albañilería. Los cementos de albañilería cumplen los requerimientos de la norma ASTM C 91, la cual clasifica los cementos de albañilería como Tipo N, Tipo S y Tipo M. A continuación se hace una breve descripción de cada tipo:

Tipo N

Cemento de albañilería, es usado en la norma ASTM C 270, en los morteros Tipo N y Tipo O. Puede ser usado también con cemento portland o en mezclas de cemento para producir morteros Tipo S y Tipo M.

Tipo S

Cemento de albañilería, es usado en la norma ASTM C 270 para morteros Tipo S. También puede ser usado con cemento portland o en mezclas de cemento, para producir mortero Tipo M.

Tipo M

Cemento de albañilería, es usado en la norma ASTM C 270 para morteros Tipo M sin la adición de otros cementos o cal hidratada. En adición a la construcción de morteros para albañilería, los cementos de albañilería son usados para hacer estucos; estos cementos nunca deben ser usados para fabricar concreto.

3.6.3.4 Cementos expansivos⁸

Es un cemento hidráulico que se expande ligeramente durante el periodo de endurecimiento temprano luego de su colocación. Cumple con los requerimientos de la norma ASTM C 845, en la cual es designado como Tipo E-1. Existen tres variedades de cementos expansivos, siendo designados como K, M, y S, los cuales se adicionan como sufijos al tipo. El Tipo E-1(K) contiene cemento portland, trialuminosulfato-tetracalcico-anhidro, sulfato de calcio, y óxido de calcio sin aleación (cal). El Tipo E-1(M) contiene cemento portland, cemento con aluminato de calcio, y sulfato de calcio. El Tipo E-1(S) contiene cemento portland con un alto contenido de aluminato-tricalcico y sulfato de calcio.

Los cementos expansivos pueden ser hechos mediante otras formulaciones además de las mencionadas. Las propiedades expansivas de cada tipo pueden variar sobre un considerable rango. El cemento Tipo I puede transformarse en cemento expansivo por la adición de admixturas expansivas en la planta de mezclado.

⁸ Según referencia No. 17.

3.6.3.5 Cementos Especiales⁹

Existen cementos de tipos especiales los cuales no son cubiertos por las especificaciones de la ASTM, y de los cuales algunos contienen cemento portland. A continuación se discuten algunos de ellos.

Cemento para pozos petroleros

Utilizados para sellar pozos petroleros, usualmente son hechos de escorias de cemento portland o cementos hidráulicos mezclados. Generalmente deben ser colocados lentamente y resistir a las altas temperaturas y presiones. Las especificaciones del Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute) para materiales y ensayos de cementos fluidos, incluye los requerimientos para nueve clases de cementos fluidos, las cuales van desde la A hasta la H y J. Cada clase es aplicable para su uso en cierto rango de profundidad del pozo, temperaturas, presiones, y ambiente de sulfatos. La industria del petróleo utiliza también los tipos de cemento portland convencionales con adecuadas modificaciones obtenidas mediante admixturas. Los cementos expansivos también tienen un desempeño adecuado como cementos para pozos petroleros.

Cemento Portland Impermeabilizante

Son usualmente hechos por adición de una pequeña cantidad de aditivo repelente al agua tal como: vapores de sodio, aluminio u otros, a las escorias de cementos portland durante su molienda final. Fabricados en colores blanco y gris, esto reduce la capilaridad transmitida por el agua a baja o ninguna presión, pero no detiene la transmisión de vapor de agua.

Cementos Plásticos

Los cementos plásticos son hechos mediante la adición de agentes plastificantes, arriba del 12% del volumen total, a los cementos portland Tipo I o Tipo II durante la operación de molienda. Los cementos plásticos son usados para hacer pastas y estucos.

Cementos de colocación Regulada

Son cementos hidráulicos, los cuales pueden ser formulados y controlados para producir concretos con tiempos de colocación desde unos cuantos minutos hasta horas, y con correspondiente desarrollo de resistencia temprana de 70 Kg./cm.² o más, una hora después de colocado. Este es un cemento portland modificado, el cual puede ser fabricado en el mismo horno usado para el cemento portland convencional. Los cementos de colocación regulada incorporan un controlador de colocación (sulfato de calcio) y componentes de desarrollo de resistencia temprana. La propiedades físicas resultantes son en la mayoría comparables con las del concreto hecho con cemento portland.

Cementos con Adiciones Funcionales

Las adiciones funcionales son molidas con la escorias de cemento y en combinación de aditivos reductores de agua, retardantes y acelerantes. Estas adiciones incluyen un controlador de colocación el cual hace que el cemento cumpla con los requerimientos de la norma ASTM C 688.

3.7 MORTEROS

Los morteros son mezclas plásticas obtenidas con un aglomerante, arena y agua, que sirven para unir las piedras o ladrillos que integran las obras de fábrica y para revestirlos con enlucidos o revocos.

Los morteros se denominan según sea el aglomerante: morteros mixtos o bastardos (cemento y cal), y morteros de yeso.

La mezcla de un aglomerante y agua se denomina pasta y se dice de consistencia normal cuando la cantidad de agua de amasado es igual a los huecos del aglomerante suelto; si es menor será seca y mayor fluida, llamándose lechada cuando se amasa con mucha agua.

⁹ Según referencia No. 17.

3.7.1 DOSIFICACION DE MORTEROS

El papel que desempeña la arena es puramente mecánico, para evitar las contracciones que se producen en los morteros que contienen cal, debido a la evaporación del agua de amasado y a la compresión producida por el peso de la obra.

En teoría sólo se precisa la cantidad de aglomerante necesaria para cubrir con una película a los granos de arena, que se pueden suponer tangentes entre sí; pero si además se requiere que sean compactos e impermeables, se tendrán que llenar los huecos con aglomerantes u otro cuerpo más económico.

La dosificación del agua depende del aglomerante, plasticidad, clima y aplicación que se dé al mortero. En general, conviene amasar el mortero con el mínimo de agua, pues el exceso, al evaporarse, deja poros y retrasa el fraguado. En tiempo caluroso es necesario añadir más agua que en tiempo frío, pues hay que tener en cuenta la que se evapora, variando además con el procedimiento de colocación, Orus (18).

3.7.2 RENDIMIENTO DE LOS MORTEROS¹⁰

El volumen del mortero resultante es inferior a la suma de los volúmenes aparentes de los componentes, porque se rellenan los huecos de la arena con la pasta del aglomerante. Si se conocen las densidades aparentes y reales de los componentes de mortero, se pueden determinar las cantidades en peso de cemento y arena necesarios para preparar 1 m³ de mortero, porque se dice que el volumen real de una mezcla es igual a la suma de los volúmenes reales de los componentes.

En la práctica el volumen real será mayor o menor, porque siempre queda aprisionado aire, se evapora agua y no se puede comprimir el mortero hasta el máximo.

3.7.3 POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DE LOS MORTEROS¹⁰

La porosidad se define como los huecos o vacíos existentes en un mortero y que pueden llenarse de un líquido que penetre por capilaridad o presión; La permeabilidad consiste en dejarse atravesar o filtrar por los líquidos a presión.

Aunque estas dos propiedades parecen la misma y tienden a confundirse, no son iguales, pues es sabido que los morteros hechos con arena fina son muy porosos, pero poco permeables.

En la práctica, un mortero muy compacto es poco poroso, y se busca la impermeabilidad aumentando la compacidad, y aunque teóricamente ningún mortero o concreto es rigurosamente impermeable, se puede comprobar en los ensayos de filtración con el tiempo que lo son, explicándose porque la pasta de cemento se comporta como un coloide, hinchándose con la humedad, disminuyendo el volumen de los poros y de las fisuras.

3.7.4 MORTEROS MIXTOS O BASTARDOS DE CEMENTO¹¹

Se incluyen los morteros compuestos por dos materiales cementantes (cemento y cal) y los morteros compuestos por cementos de albañilería. Entre sus características más importantes se tiene que fraguan rápidamente, evitan las grietas por contracción, aumentan la plasticidad y adherencia, y son bastante compactos.

3.7.4.1 Materiales constituyentes

Podrán utilizarse los materiales descritos a continuación:

Materiales cementantes:

Cemento Portland: Tipos I, IA, II, IIA, III, ó IIIA.

Cementos hidráulicos: Tipos IS, IS-A, IP, IP-A, I(PM) ó I(PM)-A.

Cementos de escorias: Tipos S ó SA.

Cementos de albañilería: Todos los tipos incluidos en el inciso 3.6.3.3 de este capítulo.

Cales: Cal Viva y Cal Hidratada.

¹⁰ Según referencia No. 15.

¹¹ Según referencia No. 3.

Agregados:

Se usarán los especificados en el inciso 4.2.3 del Capítulo 4.

Agua:

El agua deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que pudieran debilitar al mortero. En general se acepta el agua utilizada para beber.

Admixturas:

Admixturas tales como pigmentos de color, agentes inclusores de aire, acelerantes, retardadores, agentes repelentes de agua, compuestos anticongelantes (en ciertas regiones), etc.

En las tablas Nos. 3.1 - 3.3 del apéndice, se incluyen las proporciones, propiedades y una guía de selección de los morteros según la norma ASTM C 270, y en la Tabla No. 3.4 se incluyen los morteros utilizados para enlucidos según el "Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala".

3.7.5 MORTEROS DE YESO¹²

Con el semihidrato o yeso de fábrica, o estuco, que es de fraguado rápido, se forma una pasta, amasándola solamente con agua. El contenido de arena no puede ser más de un tercio del volumen de la pasta. Además, como su fraguado es rápido, no da casi tiempo de amasarlo. La cantidad de agua de amasado varía con el grado de cocción, calidad, finura y del empleo. En las aplicaciones corrientes de la construcción se suele amasar con el 50% de agua; en los estucos, con el 60%, y en moldeo, con el 70%. Amasado con exceso, forma una lechada que sólo sirve para blanqueados, por adquirir muy poca resistencia. Las cantidades de yeso y agua necesarios para preparar 1 m³ de mortero de yeso de consistencia plástica son: yeso negro, 850 Kg. y 600 litros de agua; yeso blanco, 810 Kg. y 650 litros de agua.

El amasado se hace vertiendo el yeso sobre el agua dispuesta en una artesa, mezclando rápidamente y procurando no se formen grumos y burbujas. Se prepara a medida que se necesita, pues se sabe empieza a fraguar de tres a cinco minutos y termina de quince a veinte.

El entumecimiento o aumento de volumen que experimenta el yeso al fraguar, que es del 1 %, se puede evitar amasándole con agua de cal, y, además, le comunica mayor resistencia.

3.7.5.1 Morteros bastardos de yeso.

Se obtienen mezclando el yeso con cal y arena, y se emplean para enlucidos de paredes y techos. Para las paredes la proporción es: 1 volumen de yeso, 3 de cal y 1 de arena, y para los techos, 2 volúmenes de yeso, 3 de cal y 1 de arena.

Las resistencias a la tracción suelen ser de 5 Kg./cm.², y amasados con agua de cal, 7 Kg./cm.². A la compresión, 40 y 50 Kg./cm.², respectivamente.

¹² Según referencia No. 15.

CAPITULO 4

CONCRETO

4.1 INTRODUCCION

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua. Es un material temporalmente plástico que puede colocarse o moldearse y, más tarde, se convierte en una masa sólida por reacción química. El usuario del concreto desea resistencia adecuada, facilidad de colocación y durabilidad, al mismo costo. El proyectista de concreto puede variar las proporciones de los cinco componentes dentro de límites amplios, para lograr esos objetivos.

4.2 MATERIALES CONSTITUYENTES

4.2.1 CEMENTOS

El tipo de cemento a utilizar será el indicado por el proyectista, y dependerá del uso y condiciones de la construcción, tal como se indicó en el capítulo 3.

4.2.2 AGUA

El agua se requiere en la producción del concreto a fin de precipitar la reacción química con el cemento, para humedecer el agregado y lubricar la mezcla para una fácil manejabilidad. Puede utilizarse el agua para beber. El agua que tiene ingredientes nocivos, contaminación, sedimentos, aceites, azúcar o químicos es dañina para la resistencia y propiedades de fraguado del cemento. Puede romper la afinidad entre el agregado y la pasta de cemento y puede afectar en forma adversa la manejabilidad de una mezcla.

Debido a que el tipo del gel coloidal o de la pasta de cemento es el resultado de la reacción química entre el cemento y el agua, no es la proporción relativa del agua a la mezcla por completo de los materiales secos lo que hay que tomar en cuenta, sino únicamente la proporción relativa del agua al cemento. El exceso de agua deja un esqueleto en forma de panal no uniforme en el producto terminado una vez que la hidratación ha tenido lugar, mientras que muy poca agua impide una reacción química con el cemento. El producto en ambos casos es un concreto que es más débil e inferior a uno normal.

4.2.3 AGREGADOS

Los agregados son las partes del concreto que constituyen lo grueso del producto terminado. Abarcan del 60 al 80% del volumen del concreto, y tienen que estar graduados de tal forma que la masa de concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa, con los tamaños más pequeños actuando como un relleno inerte de los vacíos que existen entre las partículas más grandes.

Existen dos tipos de agregados:

1. Agregado grueso (grava, piedra triturada o escorias de alto horno).
2. Agregado fino (arena natural o fabricada)

Debido a que el agregado constituye la parte mayor de la mezcla, entre más agregado se tenga en la mezcla, resultará un concreto más económico, a condición de que la mezcla sea de una razonable manejabilidad para el trabajo específico en el que se utilice.

4.2.3.1 Agregados gruesos

El agregado grueso se clasifica como tal si el tamaño más pequeño de la partícula es mayor de 6 mm ($\frac{1}{4}$ de pulgada). Las propiedades del agregado grueso afectan la resistencia final del concreto endurecido y su resistencia a la disgregación, intemperización y otros efectos destructivos. El agregado grueso mineral deberá estar limpio de impurezas orgánicas y deberá adherirse bien con el gel-cemento.

Los tipos comunes de agregado grueso son:

1. *Piedra natural triturada*: Se produce por trituración de piedra natural o roca de canteras. La roca puede ser de tipo volcánico, sedimentario o metamórfico. Aunque la roca triturada da resistencias elevadas en el concreto, es menos manejable en la mezcla y colocación que los otros tipos.

2. *Grava natural*: Se produce por la acción de intemperismo del agua corriente en los fondos y riberas de ríos. Da menos resistencia que la roca triturada pero es más manejable.

3. *Agregados gruesos artificiales*: Son principalmente escoria y esquisto expandido, y se utilizan con frecuencia para producir concreto ligero. Son derivados de otros procesos de fabricación, tales como escoria de alto horno o esquisto expandido, o piedra pómez para concreto ligero.

4.2.3.2 Agregados finos

El agregado fino es un relleno más pequeño hecho de arena. Varía en tamaño desde el número 4 hasta el número 100 del tamiz estándar americano. Un buen agregado fino deberá estar siempre libre de impurezas orgánicas, arcilla o cualquier material dañino o relleno excesivo de tamaños más pequeños que el tamiz del número 100. Deberá tener de preferencia una combinación bien graduada de acuerdo con las normas de análisis de tamiz de la ASTM. En el concreto para protección de radiación, los agregados finos utilizados son municiones finas de acero y mineral de hierro triturado.

4.2.4 ADITIVOS¹

Los aditivos son otros materiales que además del agua, agregado o cemento hidráulico se utilizan como ingredientes del concreto y se adicionan a la revoltura inmediatamente antes o durante el mezclado. Su función es la de modificar las propiedades del concreto para "hacerlo más apropiado para el trabajo a mano, o por economía, o para otros propósitos tal como el ahorro de energía". Los tipos principales de aditivos se resumen como sigue:

1. Aditivos acelerantes
2. Aditivos inclusores de aire
3. Aditivos reductores de agua y aditivos controladores de fraguado
4. Aditivos minerales finamente divididos
5. Aditivos para concretos sin revenimiento
6. Polímeros
7. Superplasticidas

4.2.4.1 Aditivos acelerantes

Estos aditivos se adicionan a la mezcla de concreto para reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo de la resistencia a temprana edad. Los más conocidos son los cloruros de calcio. Otros acelerantes químicos incluyen una amplia variedad de sales solubles, tales como cloruros, bromuros, carbonatos, silicatos y algún otro compuesto orgánico, tal como trietanolamina.

Debe enfatizarse que los cloruros de calcio no deberán utilizarse donde pueda ocurrir una corrosión progresiva del acero de refuerzo. La dosis máxima es del 2% del peso del cemento Portland.

4.2.4.2 Aditivos inclusores de aire

Estos aditivos forman diminutas burbujas de 1 mm de diámetro o menores en el concreto o mortero durante el mezclado, se utilizan para incrementar la manejabilidad de la mezcla durante la colocación y mejorar la resistencia al congelamiento del producto terminado.

La mayoría de los aditivos inclusores de aire se encuentran en forma líquida, aunque unos cuantos en polvo, escamas o semisólidos. La cantidad de aditivo que se requiere para obtener un contenido de aire dado depende de la forma y graduación del agregado que se utilice. Entre más fino sea el tamaño del agregado, mayor será el porcentaje de aditivo que se necesite. También está gobernada por otros factores, tales como tipo y

¹ Según referencia No. 13.

condición del mezclador, uso de ceniza muy fina u otras puzolanas y el grado de agitación de la mezcla. Puede esperarse que la inclusión de aire reduzca la resistencia, sin embargo, compensa la reducción parcial de la resistencia debido a la reducción resultante en la relación agua-cemento.

4.2.4.3 Aditivos reductores de agua y controladores de fraguado

Estos aditivos incrementan la resistencia del concreto. Permiten también una reducción en el contenido de cemento en proporción a la reducción en el contenido de agua.

La mayor parte de los aditivos reductores de agua son solubles en ella. El agua que contienen viene a ser parte del agua que se mezcla en el concreto y se adiciona al peso total del agua en el diseño de la mezcla. Debe enfatizarse que la proporción del mortero al agregado grueso siempre será la misma. Cambios en el contenido de agua, contenido de aire, o contenido de cemento se compensan con las correspondientes variaciones en el contenido de agregado fino de manera que el volumen del mortero sea el mismo.

4.2.4.4 Aditivos finamente divididos

Son aditivos minerales que se utilizan para corregir deficiencias en la mezcla de concreto suministrando finos faltantes del agregado fino; mejoran una o más cualidades del concreto, tales como reducir la permeabilidad o expansión; y reducir el costo de los materiales con que se produce el concreto. Tales aditivos incluyen cal hidráulica, cemento de escoria, ceniza muy fina y puzolana natural en bruto o calcinada.

4.2.4.5 Aditivos para concreto sin revenimiento

El concreto sin revenimiento se define como un concreto con un revenimiento de 2.5 cm (1 pulgada) o menos inmediatamente después del mezclado. La selección del aditivo depende de las propiedades que se deseen del producto terminado, tales como su efecto sobre la plasticidad, tiempo de fraguado y desarrollo de la resistencia, efectos de congelamiento y deshielo, resistencia y costo.

4.2.4.6 Polímeros

Son nuevos tipos de aditivos que permiten producir concretos de muy elevada resistencia a la compresión de hasta 15,000 psi (1100 Kg./cm.²) o mayor y una resistencia a la tensión de 1,500 psi (100 Kg./cm.²) o mayor. Tales concretos se producen en forma general utilizando un material polimerizado a través de (1) modificación de la propiedad del concreto mediante la reducción de agua en el campo, o (2) impregnación o irradiación bajo elevada temperatura en el laboratorio.

El concreto polímero modificado (PMC) es un concreto hecho mediante la adición de resina y endurecedor como un "aditivo". El principio es el de reemplazar parte del agua de la mezcla por el polímero para obtener la elevada resistencia a la compresión y otras cualidades más. La relación óptima polímero-concreto por peso no es del todo cierta dentro del rango de 0.3 a 0.45 para obtener tales elevadas resistencias a la compresión.

4.2.4.7 Superplasticidas

Son también nuevos tipos de aditivos, los cuales pueden llamarse "aditivos químicos reductores de agua de alto nivel". Existen tres tipos de plasticidas:

1. Condensados de melamina formaldehído sulfonados, con un contenido de cloruro del 0.005%.
2. Condensados de naftalina formaldehído sulfonados, con un contenido de cloro casi nulo.
3. Lignosulfonatos modificados, los cuales no contienen cloruros.

Estos aditivos están hechos de sulfonatos orgánicos y se llaman "superplasticidas" debido a sus grandes cualidades para facilitar la reducción del contenido de agua en una mezcla de concreto e incrementando a la vez el revenimiento hasta 20.6 cm (8 pulgadas) o más. Es aconsejable una dosis del 1 al 2% del peso del cemento. Una dosis más elevada puede resultar en una reducción de la resistencia a la compresión.

4.3 DOSIFICACION DEL CONCRETO²

La teoría de la relación agua-cemento (relación a-c) establece que para una combinación dada de materiales (y mientras se obtenga una consistencia manejable), la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua a cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad es también esencialmente fija, mientras la mezcla sea elástica y manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos. Mientras que la resistencia depende de la relación a-c, la economía depende del porcentaje de agregado presente, el cual dará una mezcla manejable. El objetivo del diseñador siempre será el de tener mezclas de concreto de resistencia óptima a un contenido de cemento mínimo y aceptable manejabilidad. Entre más baja sea la relación a-c, mayor será la resistencia del concreto.

Una vez que se ha establecido la relación a-c y escogido la manejabilidad o consistencia que se necesite para el diseño específico, el resto será simple manejo de diagramas y tablas basadas en grandes números de mezclas de prueba. Tales diagramas y tablas permiten un estimado de las proporciones de la mezcla requerida para varias condiciones.

A continuación se hace un resumen de los pasos a seguir y parámetros a utilizar para el diseño de una mezcla de concreto, además en el apéndice se incluye un ejemplo de cálculo de proporcionamiento de mezclas de concreto. (Una exposición detallada del método de proporcionamiento de Mezclas de Concreto del "Centro de Investigaciones de Ingeniería" se puede encontrar en el capítulo 8 del instructivo de laboratorio del curso Materiales de Construcción.)

4.3.1 FIJAR REQUISITOS QUE DEBE REUNIR EL CONCRETO

4.3.1.1 Resistencia nominal especificada (f'_c)

La cual será especificada en los planos de la estructura a construir y será la resistencia nominal.

4.3.1.2 Resistencia media requerida

Para satisfacer la resistencia nominal (f'_c), los requisitos para obtener la resistencia media del concreto deben ser claramente un exceso de f'_c ; el grado de exceso de resistencia depende de la uniformidad esperada de la producción de concreto y la proporción permitida de ensayos bajos. La resistencia media requerida f_{cr} se obtiene de la tabla No. 4.1 (del apéndice).

4.3.1.3 Tamaño máximo del agregado

Se tiende a usar el mayor tamaño posible de agregado para lograr economía en agua y cemento y aumento de resistencia. El límite de tamaño está fijado por la distancia entre barras de refuerzo y la menor dimensión de la estructura, y se obtiene de la tabla No. 4.2 (del apéndice).

Tamaño máximo permisible:

1/5 de la menor dimensión de la estructura.

3/4 de la separación libre entre barras de refuerzo.

El agregado máximo no debe sobrepasar los 64 mm. (2 1/2") en concreto estructural nominal. Para obras masivas puede usarse de 76 mm. (3") hasta los 150 mm. (6")

4.3.1.4 Trabajabilidad de la mezcla

Se mide usualmente por asentamiento en el cono de Abrahms y se obtiene de la tabla No. 4.3 (del apéndice).

4.3.2 OBTENER LOS DATOS DE LOS MATERIALES A USAR

4.3.2.1 Cemento

Tipo y calidad, peso específico y peso unitario volumétrico.

² Según referencia No. 6.

4.3.2.2 Agregados

Peso específico, peso unitario volumétrico, % de absorción, módulo de finura (granulometría) y otras características: tamaño máximo, textura y composición mineralógica.

4.3.3 CON BASE EN LOS DATOS DE LOS INCISOS 4.3.1 y 4.3.2 SE OBTIENE:

4.3.3.1 El grado de concentración de pasta (relación agua cemento para la resistencia media requerida a 28 días)

En cada caso, se establece la concentración de pasta por ensayos realizados, pero para la dosificación inicial pueden usarse los datos de la tabla No. 4.4 (del apéndice).

4.3.3.2 La consistencia y cantidad de agua

De la tabla No. 4.4 (del apéndice), se toma la cantidad de agua correspondiente a la concentración de pasta (relación agua-cemento) y según el tamaño máximo de agregado a usar, se corrige de acuerdo con la trabajabilidad deseada y la clase de agregado que se usará (grava y pedrín).

4.3.3.3 La cantidad de cemento

Conociendo la concentración de la pasta y la cantidad de agua necesaria para producir la consistencia que exige la trabajabilidad dada, se calcula la cantidad de cemento. Para esto se multiplica la relación cemento-agua por la cantidad de agua necesaria. Puede lograrse también dividiendo la cantidad de agua necesaria entre la relación agua-cemento.

4.3.3.4 La proporción de la mezcla de agregados. Determinación del % de arena.

Con base en el módulo de finura y el tamaño máximo del agregado, se toma de la tabla No. 4.4 (del apéndice) el % de agregado fino en volumen absoluto o "sólido" sobre el agregado total.

Obteniendo el % de agregado fino absoluto, se conocerá también el % de agregado grueso en volumen absoluto sobre el agregado total.

4.3.3.5 El % de aire atrapado normalmente

Se obtiene de la tabla No. 4.4 (del apéndice) de acuerdo con la concentración de pasta, el tamaño máximo del agregado y el Módulo de Finura de la arena.

4.3.4 CALCULO DE PROPORCIONES DE LA MEZCLA POR M³ DE CONCRETO

Para establecer la dosificación por m³ es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

El agua se evapora en parte, es parcialmente absorbida por los agregados y el resto forma la pasta agua-cemento, que retrae bastante antes de fraguar. La concentración del concreto fresco es del orden del 2 al 2.5%. Por tanto, la suma de volúmenes absolutos o de "sólidos" reales de los materiales (incluido el aire atrapado) deberá ser 1.020 m³ con el fin de obtener el m³ de concreto endurecido.

De modo pues que los materiales se proporcionarán sobre 1.00 m³ y después ya para hacer la mezcla, ésta deberá calcularse para 1.02 m³ de concreto fresco.

Procedimiento:

1. Cálculo de volúmenes absolutos de agua y cemento, se obtiene dividiendo sus pesos en Kg. por su peso específico multiplicado por 1000.
2. Restar de 1.00 m³ los volúmenes de agua, cemento y aire atrapado.
3. Repartir el volumen restante entre arena y agregado grueso de acuerdo con el por ciento de arena fijado.
4. Calcular los pesos por m³ de los agregados, multiplicando su volumen en m³/m³ por el peso específico x 1000.

5. Sumar los pesos y los volúmenes. El peso unitario aproximado del concreto será igual a la suma de pesos.

6. Referir los pesos al del cemento y calcular el número de sacos de cemento por m^3 (partiendo del peso del cemento) y expresar el agua en litros por saco de cemento. En esta forma se completa la fase de dosificación inicial de la mezcla.

4.3.5 MASADAS DE PRUEBA

A partir de la dosificación por m^3 y tomando en cuenta la humedad de los agregados en el momento de realizar la masada de prueba, se calculan las cantidades dadas de material para realizar esta masada, las cuales dependen de las facilidades y clase de concretera.

Con la masada de prueba se ve si la mezcla tiene las características deseadas y las cantidades previstas de material. Generalmente hay que hacer ajustes a las proporciones. La variación de agua para lograr la consistencia deseada no sobrepasa los 15 - 20 litros por m^3 , a menos que el agregado sea muy poroso o tenga mucha arcilla. Cuando hay necesidad de aumentar el agua, debe aumentarse también el cemento, para conservar la concentración de pasta prevista.

4.3.6 COMPROBACION DE LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS EN OBRA

Por último es necesario realizar la comprobación de que la resistencia característica sea mayor que la mínima exigida.

Es necesario hacer 5 masadas (puede ser en días diferentes) de las cuales se toman 6 probetas por cada una. Estas probetas se curan al ambiente natural y se romperán en el laboratorio a los 28 días.

4.4 TECNICAS EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DEL CONCRETO

4.4.1 PREPARACION DEL ARIDO

Si provienen de río, la única operación necesaria es la clasificación mediante zarandas o cribas, por estar ya lavados, y se acostumbra adquirirlos clasificados.

Los áridos de machaquito se obtienen rústicamente mediante almadas, e industrialmente con trituradoras de mandíbulas, molinos de martillos, cilindros, etc. Se clasifican por medio de cribas cilíndricas rotatorias (tromels) ligeramente inclinadas, con orificios de 5 mm. en la parte superior, que dejan pasar la arena; en el centro los orificios son de 15 a 30 mm. para la gravilla, y en la parte baja, mayores de 50 mm.

Tanto los áridos de mina como los obtenidos artificialmente por machaquito, deben ser lavados para quitarles el polvo o tierra, pudiendo hacerse a la vez que se les clasifica.

4.4.2 CEMENTO

Debe ser almacenado en sitio seco y protegido de la humedad, clasificándose por fechas de producción y clase, de manera que en todo momento se puede saber el tipo y el tiempo de vida, etc.

4.4.3 DOSIFICACION

En obras de pequeño volumen, en las que se preparan las mezclas a mano, los áridos se miden por medio de carretillas de volumen conocido. También se acostumbra emplear cajas de madera sin fondo, las cuales se colocan sobre una superficie plana y se llenan con los áridos.

Cuando el amasado se hace con mezcladoras, éstas generalmente están provistas de cargadores de cierta capacidad, en las que vierten los áridos y el cemento, siendo elevadas con el mismo motor.

El cemento se añade generalmente por sacos de 42.5 Kg., debiéndose procurar que las mezclas sean múltiplos de sacos, pues las fracciones, de no pesarse, dan lugar a grandes errores.

Es muy conveniente en obras de importancia hacer la dosificación por peso de todos los productos, debiéndose tener siempre presente el estado de humedad de los áridos, sobre todo de la arena, que, como se sabe, le hace aumentar de volumen, además de agregar más agua de la precisa.

4.4.4 AMASADO

En las obras de poca importancia se hace a brazo, sobre una superficie impermeable, mezclando en seco el árido con el aglomerante, hasta obtener una mezcla de color uniforme, y agregando después el agua en pequeñas dosis, dándole varias vueltas de pala hasta lograr un producto homogéneo.

Cuando el amasado se realiza con mezcladora, para obras medianas y pequeñas, se acostumbra usar las de tambor basculante de capacidad de $\frac{1}{2}$, 1 y 2 sacos de cemento. La mezcladora debe instalarse adecuadamente para que no se mueva durante su operación. La colocación de los materiales en la mezcladora se realiza en el siguiente orden: primero un poco de agua, luego se introduce la grava o pedrín, seguida de la arena y el cemento siempre con la mezcladora en movimiento. Se hace girar la mezcladora unas cuatro o cinco vueltas y se agrega el agua restante poco a poco hasta llegar a la cantidad requerida para la consistencia deseada de la mezcla. El tiempo de mezclado debe estar entre los dos y tres minutos; este tiempo no debe ser excesivo ya que puede afectar la calidad del concreto, al ayudar a que los materiales de la mezcla se disgreguen. Las mezcladoras pueden ser de amasado continuo cuando los constituyentes entran por un lado y salen mezclados por el otro, e intermitentes, las que amasan una dosificación, se vacían y vuelven a llenar.

Las mezcladoras intermitentes las hay de tambor basculante y fijo. Las primeras hacen la mezcla por centrifugación de los componentes y no se logra una buena mezcla de no inclinar el tambor 20° con la horizontal y ponerle unas paletas y superficies planas. Se fabrican con capacidades de $\frac{1}{2}$ S, 3S, 5S, 7S, 10S, 28S, 56S, y 112S.

Las mezcladoras de tambor fijo y eje horizontal hacen el amasado por gravedad al girar éste, llevan unas superficies alabeadas, eleva los componentes y los deja caer, obteniéndose un amasado más homogéneo.

4.5 CURADO DEL CONCRETO³

Dado que la hidratación del cemento se lleva a cabo con la presencia de humedad a temperaturas arriba de 10°C , a fin de que la reacción química de hidratación tome lugar, es necesario mantener dicha condición. Si el secado es demasiado rápido, se desarrollan superficies de agrietamiento. Esto vendrá a disminuir la resistencia del concreto debido al agrietamiento, así como la falla para lograr una completa hidratación química.

Para facilitar unas buenas condiciones de curado puede utilizarse cualquiera de los siguientes métodos:

1. Riego continuo con agua.
2. Inundación con agua.
3. Cubrir el concreto con un yute húmedo, película plástica o papel de curado impermeable.
4. Uso de compuestos líquidos para curación con membranas para retener la humedad original en el concreto húmedo.
5. Curado a vapor en los casos donde el miembro de concreto es hecho en fábrica, tal es el caso de vigas y tuberías precoladas, traveses y elementos presforzados. Las temperaturas del curado a vapor son alrededor de 65°C . El tiempo de curado es generalmente de un día, comparado con los cinco o siete días que se necesitan cuando se utilizan otros métodos.

4.6 PRUEBAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

La construcción moderna necesita que el concreto posea propiedades específicas. Para asegurar la obtención de estas propiedades las pruebas o ensayos del concreto se hacen indispensables en el proceso de la construcción.

³ Según referencia No. 10.

4.6.1 CLASE DE PRUEBAS, FRECUENCIA

4.6.1.1 Clase de Pruebas

En general, las especificaciones para el concreto y sus componentes dan los requisitos detallados para los límites de aceptabilidad. Tales requisitos pueden afectar:

- 1) Las características de la mezcla, con el tamaño máximo del agregado, o la cantidad mínima de cemento;
- 2) Las características del cemento, agua, y agregados;
- 3) Las características del concreto plástico y endurecido, como asentamiento, contenido de aire, o resistencia a la compresión.

Las pruebas de los agregados tienen dos propósitos fundamentales. El primero es determinar que el material es el apropiado para usarlo en concreto. Las pruebas para determinar si el agregado es el adecuado incluyen las siguientes: abrasión, consistencia, gravedad específica y análisis petrográfico y químico. El segundo propósito es el de asegurar uniformidad. Las pruebas para asegurar la uniformidad incluyen aquellas para el control de humedad y graduación. Algunas pruebas se usan para ambos propósitos.

Las pruebas para el concreto pueden agruparse similarmente. Las primeras son las que prueban el comportamiento de los materiales y establecen la proporción de las mezclas. Estas pruebas se hacen generalmente en el laboratorio e incluyen las pruebas para el peso unitario, resistencia y trabajabilidad. Otro grupo de pruebas es usado para el control e incluye el asentamiento, contenido de aire y resistencia. Estas se usan algunas veces en la evaluación de los materiales y el diseño de las mezclas.

4.6.1.2 Frecuencia de las pruebas

La frecuencia de las pruebas para los agregados y concreto en los procedimientos típicos de plantas dosificadoras dependerá extensamente en la uniformidad de los materiales, incluyendo el contenido de humedad de los agregados. Inicialmente se aconseja efectuar pruebas varias veces al día, pero según el trabajo avance la frecuencia a menudo se reduce.

Generalmente, las pruebas para la humedad son hechas una o dos veces al día. La primera dosificación de arena en la mañana está sobrecargada de humedad, por cuanto se va al fondo del depósito, el contenido de humedad puede llegar a estabilizarse a un nivel bajo. La primera prueba de humedad se hace generalmente en este momento. Después de unas pocas pruebas, el contenido de humedad puede ser juzgado con bastante exactitud por medio de la vista y el tacto. Las pruebas subsecuentes se hacen necesarias únicamente si se nota un cambio aparente.

La prueba de asentamiento se hace al comienzo de las operaciones cada día y cuando la apariencia del concreto indique un cambio en consistencia. Las pruebas de contenido de aire deberán ser hechas a menudo en el lugar de entrega para asegurar el contenido apropiado, el que podría ser afectado por cambios en la temperatura y en la graduación de los agregados.

El número de pruebas que se hagan para determinar la resistencia dependerá de los requisitos de las especificaciones del trabajo, y de la ocurrencia de variaciones. El Código de Requisitos para Edificios de Concreto Reforzado (*Building Code Requirements for Reinforced Concrete* - American Concrete Institute 318 - 63) especifica que para cada clase de concreto se debe efectuar al menos una prueba consistente de dos especímenes por cada 115 m³ (150 yd³) de concreto, pero no menos de una prueba por cada día de trabajo. El Código Nacional de Edificios del Canadá (*National Building Code of Canada 1960*) requiere que una prueba de resistencia consistente de tres especímenes debe ser hecha por cada 76 m³ (100 yd³) de concreto colocado, y no menos de una prueba para cada clase de concreto fundido cada día. Además, especímenes adicionales pueden ser requeridos cuando la temperatura o el contenido de humedad cambien súbitamente, o cuando los materiales o los lugares donde se obtienen se varían. Estos especímenes deben ser curados en el laboratorio. Muchas especificaciones requieren que los especímenes adicionales sean curados simulando el curado efectuado en el trabajo.

4.6.2 AGREGADOS⁴

Obtención de Muestras de Agregados

Los métodos para obtener muestras representativas de los agregados son dados en Métodos de Obtención de Piedra, Escoria, Grava, Arena, y Bloque de Piedra para Usarlos como Materiales de Carreteras (*Methods of sampling Stone, Slag, Gravel, Sand, and Stone Block For Use as Highway Materials - American Society for Testing and Materials D75 and Canadian Standards Association A23.2.1*). Un muestreo bien representativo es de mucha importancia. Al reducir las muestras de cantidades considerables a pequeñas cantidades para pruebas individuales se debe tener mucho cuidado para que las muestras finales sean las más representativas. Para el agregado grueso, el muestreo se hace generalmente por medio del método del cuarteo. La muestra, enteramente mezclada, se distribuye en un pedazo de lona con un espesor de 7.6 a 10.2 cm. (3 a 4 pulgadas). Se divide luego en cuatro partes iguales. Las dos partes opuestas se descartan. Este proceso se repite hasta obtener el tamaño de muestra deseado. Un procedimiento similar para cuarteo se usa algunas veces para agregado fino y húmedo.

Prueba para Impurezas Orgánicas

Las impurezas orgánicas en agregados finos deben ser determinadas de acuerdo con el Método de Prueba para Impurezas Orgánicas de Arenas para Concreto (*Method of Test for Organic Impurities in Sands for Concrete - ASTM C40, CSA A23.2.7*). Una muestra de arena es colocada en una solución de hidróxido de sodio y se agita. Al día siguiente el color de la solución se compara con el color de una solución estándar. Si el color es más oscuro que el estándar, la arena no debe emplearse en trabajos importantes sin un análisis más detallado. En algunas arenas existen cantidades de carbón o lignito que dan al líquido un color oscuro. La cantidad puede ser insuficiente para reducir la resistencia en forma apreciable y la arena puede ser aceptada nuevamente. En tales casos, las pruebas para la resistencia del mortero (*ASTM C87, CSA A23.2.8*) de la arena en cuestión indicarán el efecto de las impurezas presentes. Puede ser notado que cantidades apreciables de carbón o lignito en el agregado pueden causar descoloración y petardeo (formación de burbujas de fácil ruptura, en Inglés *popouts*), y pueden reducir la durabilidad cuando el concreto se expone al intemperismo. La experiencia local es a menudo la mejor indicación de la durabilidad de los agregados.

Prueba para Material Fino no Aceptable

Cantidades apreciables de arcilla y fango en los agregados pueden afectar la durabilidad al aumentar la contracción, y tender a separarse de las partículas de los otros agregados. Las especificaciones generalmente limitan la cantidad de material que pase la malla No. 200 de 2 a 3 por ciento de arena y menos del 1 por ciento en agregado grueso. La prueba debe ser realizada de acuerdo con el Método de Prueba para Materiales más Finos que la malla No. 200 en Agregados Minerales (*Method of Test for Material Finer than No. 200 sieve in Mineral Aggregates by Washing - ASTM C117, CSA A23.2.5*). Una prueba que indica la cantidad excesiva de terrones de arcilla se efectuará por medio del Método de Prueba para Terrones de Arcilla en Agregados (*Method of Test for Clay Lumps in Aggregates - ASTM C142, CSA A23.2.3*).

Pruebas para la Graduación

La graduación para los agregados afecta considerablemente la proporción de la mezcla y la trabajabilidad. Por lo tanto, las pruebas para la graduación son importantes para la obtención de concreto de alta calidad. La graduación de un agregado se determina por el análisis del agregado en la malla en donde las partículas se dividen en tamaños diferentes de acuerdo a los varios números normalizados de las mallas. El análisis debe realizarse de acuerdo con el Método de Prueba para Análisis en Mallas o Tamices de Agregado Fino o Grueso (*Method of Test for Sieve or Screen Analysis of Fine and Coarse Aggregate - ASTM C136, CSA A23.2.2*).

El material resultante del análisis de mallas se utiliza de tres maneras:

- 1) Para determinar que el material cumple con las especificaciones;
- 2) Para seleccionar el material más adecuado si hay de donde escoger; y

⁴ Tomado de referencia No. 2.

3) Para detectar variaciones en la graduación que sean suficientes para garantizar el buen ajuste de las proporciones en las mezclas de concreto.

Generalmente, las graduaciones satisfactorias son descritas en las especificaciones estandarizadas. Los materiales que contengan demasiado o muy poco de cualquiera de los tamaños deben ser desechados. Algunas especificaciones requieren que las proporciones de la mezcla sean ajustadas si el módulo de finura del agregado fino cambia en más de 0.20. Otras especificaciones requieren un ajuste en las proporciones de la mezcla si la cantidad retenida entre cualesquiera dos mallas consecutivas cambia en más del 10 por ciento del peso del total de la muestra de arena. Una cantidad pequeña de partículas de arena limpia y fina que pasa una malla No. 100 pero que es retenida en una No. 200 es deseable por razones de trabajabilidad. Por esta razón la mayoría de las especificaciones permiten hasta un 10 por ciento de este material en el agregado fino.

Pruebas para Determinar la Humedad en los Agregados

Varios métodos pueden ser usados para determinar la cantidad de humedad en los agregados. Una prueba para el agregado fino puede ser hecha de acuerdo con el Método de Prueba para Humedad Superficial en el Agregado Fino (*Method of Test for Surface Moisture in Fine Aggregate - ASTM C70, CSA A23.2.11*). El mismo procedimiento puede ser usado para el agregado grueso haciendo los cambios apropiados en el tamaño de las muestras y dimensiones del recipiente. Esta prueba depende del desplazamiento de agua por el peso conocido del agregado húmedo; por lo tanto, el peso específico del agregado debe ser conocido exactamente.

En otros métodos una muestra pesada de agregado húmedo es secada en un horno, sobre una plantilla caliente, o sobre un fuego abierto. De los pesos obtenidos antes y después del secado, el porcentaje de humedad puede ser calculado. Otro método es el de evaporar la humedad quemando alcohol. Por este método, una muestra pesada de arena húmeda es colocada en un recipiente poco profundo. El alcohol es prendido y se deja quemar hasta que la arena se seque. Después de quemado, la arena se enfría por unos pocos minutos y es pesada. El porcentaje de humedad es entonces computado.

Cuando los métodos de secado son usados para determinar la cantidad de humedad libre, debe hacerse un ajuste por la cantidad de agua absorbida por el agregado. Esto es necesario porque únicamente la humedad libre forma parte del agua de la mezcla. La absorción se puede asumir como el uno por ciento para el agregado promedio o, para mayor seguridad, puede ser determinado de acuerdo con los métodos dados en *ASTM C127* y *ASTM C128*.

Medidores eléctricos de humedad son empleados en muchas plantas dosificadoras de concreto para controlar el contenido de humedad del agregado fino. Operan bajo el principio de que la resistencia eléctrica de la arena húmeda disminuye conforme el contenido de humedad aumenta, esto entre los límites de humedad encontrados normalmente. Estos medidores miden la resistencia eléctrica de la arena entre electrodos que se insertan en las tolvas o depósitos. Tales medidores requieren una calibración periódica y deben ser mantenidos apropiadamente. Miden el contenido de humedad exacta y rápidamente, pero únicamente en el nivel de los electrodos.

4.6.3 CONCRETO FRESCO⁵

Obtención de Muestras de Concreto Fresco

La importancia de obtener verdaderas muestras representativas de concreto fresco para las pruebas de control no puede nunca ser sobre enfatizada. A menos que la muestra sea representativa, los resultados pueden dar origen a interpretaciones erróneas.

Las muestras deben ser obtenidas y manipuladas de acuerdo con el Método de Obtención de Muestras de Concreto Fresco (*Method of Sampling Fresh Concrete, ASTM C172, CSA A23.2.21*). Excepto para las pruebas de rutina para asentamiento y contenido de aire, este método requiere que la muestra sea al menos de un pie cúbico. Además, la muestra debe ser usada dentro del lapso de 15 minutos después de haber sido obtenida de la batida y debe ser protegida de la luz solar y viento durante este periodo.

⁵ Tomado de referencia No. 2.

Pruebas de Consistencia

Las pruebas de asentamiento o revenimiento para determinar la consistencia del concreto deben ser hechas de acuerdo con el Método de Prueba de Asentamiento del Concreto de Cemento Portland (*Method of Test for Slump of Portland Cement Concrete - ASTM C143, CSA A23.2.20*). El cono de asentamiento debe ser llenado en tres capas de aproximadamente igual volumen. El cono, así, debe ser llenado hasta un espesor de 6.5 cm. (2 1/2 pulgadas) (después del varillado) para la primera capa y hasta la mitad del cono para la segunda capa.

Otro método de medir la consistencia es la prueba de la bola de penetración, Método de Prueba para la Bola de Penetración en Concreto Fresco de Cemento Portland (*Method of Test for Ball Penetration in Fresh Portland Cement Concrete - ASTM C360*). En esta prueba, la profundidad que una bola de 13.6 Kg. de 15 cm. (30 lb. y 6 plg.) de diámetro se hunde en el concreto fresco es medida. Cuando está calibrada para diferentes materiales, los resultados pueden ser relacionados directamente con el asentamiento. Esta prueba tiene la ventaja de ser relativamente simple y no requiere un espécimen moldeado. La prueba puede ser hecha sobre concreto fresco en cualquier recipiente abierto que tenga la dimensión lateral mínima de la muestra de 46 cm. (18 pulgadas) y 20 cm. de profundidad.

Medida de la Temperatura

Debido a la influencia tan grande de la temperatura del concreto en las propiedades del concreto fresco y endurecido, existen muchas especificaciones que definen los límites de la temperatura del concreto fresco. Aunque no hay un método estándar para la medición de la temperatura del concreto fresco, algunas precauciones simples se deben observar. Se pueden obtener termómetros blindados. El termómetro debe ser exacto a más o menos 1.1°C y debe permanecer en una muestra representativa del concreto hasta que su lectura llegue a ser estable.

Pruebas para el Contenido de Aire

Un número considerable de métodos para medir el contenido de aire del concreto fresco están en uso. Existen normas estandarizadas que cubren el método de presión (*ASTM C231, CSA A23.2.19*), el método volumétrico (*ASTM C173, CSA A23.2.18*), y el método gravimétrico (*ASTM C138, CSA A23.2.17*). Variaciones de los dos primeros métodos están también en uso.

El método de presión para determinar el contenido de aire está basado en la Ley de Boyle, la cual relaciona la presión con el volumen. Muchos medidores de aire comerciales de este tipo son calibrados para la lectura del contenido de aire directamente cuando una presión determinada se aplica. La presión aplicada comprime el aire que contiene la muestra del concreto, incluyendo el aire de los poros del agregado. Por esta razón, las pruebas que se hagan por este método en concreto hecho con algún agregado liviano o cualquier otro material poroso pueden dar resultados erróneos. Los factores de corrección para la mayoría de los agregados de peso normal son relativamente constantes y, aunque pequeños, deben ser aplicados. El instrumento debe ser calibrado para varias elevaciones sobre el nivel del mar, si es que se va a usar en localidades que tienen considerables diferencias en la elevación. Los medidores del tipo de presión son usados extensamente porque no se necesita saber la proporción de la mezcla ni la gravedad específica de los materiales. También la prueba puede ser conducida en menos tiempo que el requerido por el método volumétrico.

El método volumétrico requiere la remoción de aire de un volumen conocido de concreto por medio de la agitación del concreto en un exceso de agua. Este método puede ser usado con concreto que contenga cualquier tipo de agregado, incluyendo agregado liviano o material poroso. Esta prueba no es afectada por la presión atmosférica. La gravedad específica no necesita ser conocida. Se debe tener cuidado para que la muestra se agite lo suficiente con el fin de que el aire se remueva en su totalidad. Un indicador de aire de bolsillo puede ser usado para estimar el contenido de aire volumétricamente, pero no es un sustituto para la prueba completa y aceptada.

El método gravimétrico utiliza la misma prueba del peso unitario del concreto. El peso unitario medido es sustraído del peso unitario teórico determinado por el volumen absoluto de los ingredientes, asumiendo que no hay aire presente. Esta diferencia, expresada como un porcentaje del peso unitario teórico, es el contenido de aire. Las proporciones de la mezcla y las gravedades específicas de los ingredientes deben ser conocidas

exactamente; de otra manera, los resultados pueden estar errados. Consecuentemente, este método es adecuado donde se lleve un control estricto típico de laboratorio.

Pruebas para el Peso Unitario del Concreto

Aún cuando esta prueba es muy simple (ASTM C1387 CSA A23.2.17) los resultados pueden ser lo suficientemente exactos para determinar la cantidad de concreto producido por batida. La prueba puede dar indicaciones de rendimientos (pies cúbicos de concreto por bolsa de cemento) y contenido de aire. Se requiere de una balanza que sea sensitiva a un peso de 45 gr. (0.1 lb.). Se debe tener cuidado para consolidar el espécimen adecuadamente y nivelar la superficie de tal modo que el recipiente sea llenado en la forma apropiada. El recipiente debe ser calibrado periódicamente.

Pruebas para la Resistencia

Los especímenes para las pruebas de resistencia deben ser hechos y curados de acuerdo con el Método de Manufactura y Curado de Especímenes de Concreto para las Pruebas de Compresión y Flexión en el Campo (*Method of Making and Curing Concrete Compression and Flexure Test Specimens in the Field, ASTM C31, CSA A23.2.14*). Para el trabajo en el laboratorio se debe emplear el Método de Manufactura y Curado de Especímenes de Concreto para Pruebas de Compresión y Flexión en el Laboratorio (*Method of Making and Curing Concrete Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory, ASTM C192, CSA A23.2.12*).

El espécimen para la prueba estándar utilizado en la determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un tamaño máximo de agregado de 5 cm., o más pequeño, en un cilindro de 15.2 cm. (6 pulgadas) de diámetro por 30.5 cm. (12 pulgadas) de altura. Para agregados más grandes, el diámetro del cilindro debe ser al menos 3 veces el tamaño máximo del agregado, y la altura debe ser el doble del diámetro. Aunque se prefieren moldes rígidos de metal, algunas veces se emplean cartones parafinados u otros tipos de moldes disponibles que concuerden con la norma *ASTM C470*. Deben ser colocados en una superficie lisa y llenados cuidadosamente para evitar alguna deformación.

Las vigas para la prueba de flexión deben ser de 15.2 x 15.2 cm. (6 x 6 pulgadas) en la sección transversal, para agregados de hasta 5.1 cm. (2 pulgadas). Para agregados más grandes la dimensión mínima de la sección transversal no debe ser menor que 3 veces el tamaño máximo del agregado. La longitud del tramo (luz) debe ser 3 veces la profundidad de la viga, o usualmente 45 cm. (18 pulgadas), y el espécimen debe tener al menos 5.1 cm (2 pulgadas) de largo, o una longitud total no menor de 51 cm. (20 pulgadas) para una viga de 15.2 x 15.2. (6 x 6 pulgadas).

Los cilindros de prueba que se van a envarillar son llenados en aproximadamente tres capas; los especímenes de las vigas y los cilindros de pruebas que se van a vibrar son llenados en dos capas. El contenido se consolida por medio del envarillado o por vibración. El concreto con un asentamiento de 7.6 cm. (3 pulgadas) en exceso debe ser envarillado, mientras que un asentamiento menos de 2.5 cm (1 pulgada) debe ser vibrado. Cualquier método puede ser usado cuando el asentamiento varía de 2.5 a 7.6 cm. (1 a 3 pulgadas). Inmediatamente después del colado, la parte superior de los especímenes deben cubrirse con un vidrio aceitado o con un plato de acero, o una doble capa de tela de yute húmeda.

En años recientes, algunas especificaciones han requerido que se pruebe la resistencia a la tensión de los especímenes de concreto endurecido. Esta prueba se hace de acuerdo con el Método Tentativo de Prueba para la Resistencia a la Tensión con Cilindros Moldeados de Concreto, (*Tentative Method of Test for Splitting Tensile Strength of Molded Concrete Cylinders, ASTM C496*). Los cilindros de prueba son hechos de acuerdo con la norma *ASTM C31 (CSA A23.2.14)* o *ASTM C192 (CSA A23.2.12)*.

La resistencia de un espécimen es afectada en mucho por las perturbaciones, cambios en la temperatura, y la exposición al secado, particularmente dentro de las primeras 24 horas después de fundido. Por lo tanto, los cilindros deben ser fundidos en lugares donde los movimientos subsecuentes son innecesarios y en donde la protección sea posible. Los cilindros y las vigas deben ser protegidas contra manejos bruscos en todo momento.

Los procedimientos de las normas ASTM proveen un curado de los especímenes bajo condiciones de control, tanto en el laboratorio como en el campo. Tales controles del curado dan una indicación más exacta de la calidad del concreto como se entrega. Los especímenes curados de la misma manera que las estructuras que

representan (contrastados con aquellos sujetos a un curado controlado) pueden dar una indicación de que cualquier deficiencia se deba a la calidad del concreto como se entregó, o al manipuleo y curado impropio. En algunos trabajos, los especímenes curados en el campo se hacen además de los especímenes que llevan un curado controlado, especialmente cuando las condiciones climatológicas no son favorables, para determinar cuándo se deben remover las formaletas o cuándo se puede poner la estructura en uso.

4.6.4 CONCRETO ENDURECIDO⁶

Pruebas de Resistencia en los especímenes de Concreto Endurecido

La condición de los extremos de los cilindros influye en los resultados de las pruebas; los requisitos para el acabado de la superficie de apoyo deben ser observados cuidadosamente. Por ejemplo, las pruebas para cilindros no "cabezeados" (sobrecapa) con una convexidad final de 0.025 cm. (0.01 pulgadas) dan resultados de 20 a 35% más bajos que las pruebas de cilindros con extremos planos. Los extremos de los cilindros deben tener una sobrecarga o terminados de acuerdo con los requisitos del Método de Manufactura y Curado de Especímenes para las Pruebas de Compresión y Flexión en el Campo, (*Method of Making and Curing Concrete Compression and Flexure Test Specimens in the Field, ASTM C31, CSA A23.2.14*) o con el Método de Manufactura y Curado de Especímenes para las pruebas de Compresión y Flexión en el Laboratorio, (*Method of Making and Curing Concrete Compression and Flexure Test in the Laboratory, ASTM C192, CSA A23.2.12*).

Varios materiales se emplean para la confección de la sobrecapa de los especímenes que se ensayan a la compresión. Un número de compuestos se obtienen comercialmente. El azufre y materiales granulares se pueden usar si las sobrecapas son endurecidas por lo menos 2 horas antes que los especímenes sean probados. Cemento puro de alto contenido de alúmina puede ser usado para confeccionar las sobrecapas de los especímenes endurecidos para ser probados 18 horas o más después de cubiertos. Sobrecapas de cemento Portland puro pueden ser usadas con la condición de que se deje una espera de por lo menos 3 días. Calidades especiales de yeso que desarrollan por lo menos 350 Kg/cm² (5,000 psi) cuando se prueban en cubos de 5 cm. (2 pulgadas) pueden ser usados, los especímenes de prueba a la compresión se espera que den una resistencia abajo de 350 Kg/cm² (5,000 psi). Las sobrecapas deben hacerse tan delgadas como sean posibles.

El contenido de humedad del espécimen tiene un efecto considerable sobre el resultado, un cilindro saturado mostrará una resistencia de 20 a 30% más baja que otro espécimen probado en seco. Esto es importante cuando se comparan núcleos perforados de un concreto en servicio (Método de Obtención y Prueba de Núcleos Perforados y Vigas Aserradas de Concreto, "Method of Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete", ASTM C42, CSA A23.2.16), con especímenes moldeados que son probados tal como se sacan del cuarto húmedo. El contenido de humedad del espécimen también afecta los resultados de las pruebas de flexión; un espécimen saturado muestra una resistencia mayor que un espécimen probado en seco.

Las pruebas para los especímenes deben ser hechas de acuerdo con el Método de Prueba para la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto, (*Method of Test for Compressive Strength of Concrete Cylinders, ASTM C39, CSA A23.2.13*) y Método de Prueba para la Resistencia a la Flexión del Concreto Usando Vigas Simples con Carga en el Punto Central, (*Method of Test for Flexural Strength of Concrete -Using Simple Beam With Center Point Loading, ASTM C78, CSA A23.2.15*).

Prueba brasileña de tensión

Un método indirecto de aplicar la tensión en forma de separación longitudinal es la prueba brasileña, llamada así por deberse a Fernando Carneiro de origen brasileño. En esta prueba, un cilindro de concreto de los que se utilizan para las pruebas de compresión se coloca con su eje en posición horizontal entre las platinas de una máquina de prueba, y se aumenta la carga hasta observar una falla de separación por compresión a lo largo del diámetro vertical. Esta prueba deberá cumplir con las especificaciones fijadas en la norma ASTM C496.

Prueba de resistencia a la penetración

Una prueba novedosa, cuyo nombre comercial es prueba de sondeo de Windsor, calcula la resistencia del concreto a partir de la profundidad de penetración de una varilla metálica impulsada por una carga estándar de experimentación, la penetración es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión del concreto, pero

⁶ Según referencia No. 2.

en la escala de Mohs debe determinarse la dureza del agregado y esto no presenta dificultad. Los sondeos se hacen en grupos de tres en estrecha vecindad y la penetración promedio se utiliza para estimar la resistencia.

Prueba con el Martillo de Impacto

Varias pruebas no destructivas son usadas para determinar la calidad del concreto endurecido. Una de esas pruebas es la prueba del martillo de impacto. El instrumento mide el rebote de un émbolo cargado con un resorte después de haber sido accionado y golpea una superficie de concreto lisa. La lectura del rebote da una indicación de la resistencia del concreto. Se deben tomar algunas precauciones al estimar la resistencia pues el rebote es afectado por el tipo de agregado, por la humedad del concreto, por el tamaño y la firmeza de la muestra de la prueba, por el alisado de la superficie y edad del concreto.

El martillo de prueba provee un método simple, no destructivo, para probar el concreto en su lugar. No es un sustituto para las pruebas estándar de compresión, pero su exactitud es adecuada para detectar grandes variaciones de resistencia en una estructura, siempre y cuando se use apropiadamente y competentemente. Este instrumento es especialmente útil en una planta de concreto precolado para detectar variaciones en la efectividad del curado y en la estimación de la resistencia en las unidades antes de remover las formaletas o manipularlas.

CAPITULO 5

MATERIALES METALICOS

5.1 INTRODUCCION

Los metales más utilizados en la construcción son el hierro, plomo, cinc, cobre, estaño y aluminio; con sus respectivas aleaciones.

En metalurgia, se estudian las operaciones mecánicas y químicas necesarias para la extracción de los metales de los minerales y el estudio de las propiedades de los metales con relación a sus aplicaciones, como densidad, dureza, elasticidad, tenacidad, conductividad, etc. Estas propiedades debido a la regularidad de la estructura a nivel atómico de los metales, ha sido posible conocerlas con más facilidad que las de otras clases de materiales.

5.2 OBTENCION Y PROPIEDADES GENERALES DE LOS METALES¹

5.2.1 OBTENCION DE LOS METALES

Los metales raramente se encuentran nativos en la Naturaleza en cantidad suficiente para poder ser empleados industrialmente, hallándose combinados químicamente con otros cuerpos de composición muy variada, formando la mena, a la que acompañan otras sustancias de naturaleza térrea, llamada ganga, y el conjunto de la mena y la ganga es lo que constituye el mineral.

Para obtener un metal hay que efectuar con los minerales una serie de operaciones que consisten en separar la mena de la ganga y después aislar el metal. Al conjunto de estas operaciones se le llama metalurgia, y cuando se trata de obtener exclusivamente el hierro, siderurgia.

5.2.1.1 Preparación de los minerales

Hay que someter a los minerales a una serie de operaciones cuya finalidad es separar la ganga o sustancias térreas que les acompañan, en instalaciones denominadas lavaderos de mineral, y son los siguientes:

Trituración. Extraído el mineral, se fragmenta a diversos tamaños mediante machacadoras de mandíbulas, quebrantadoras, bocartes, molinos, etc.

Lavado. Consiste en poner el mineral en suspensión en el agua en movimiento, con lo cual se depositan o son arrastrados, según sus densidades, empleándose cajas, mesas y tamices mecánicos.

Separación. Por el magnetismo, atracciones electrostáticas y flotación mediante espumas que engloban los minerales.

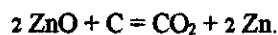
Calcinación. Se practica para aumentar la porosidad, desecar, eliminar algún elemento nocivo volátil y verificar una oxidación previa para su mejor extracción.

Fundentes. Son los cuerpos añadidos a los minerales para que se combinen con las gangas y cenizas de los combustibles, dando compuestos fácilmente fusibles llamados escorias, pues de no añadirse, se combinan con las gangas, perdiéndose gran parte del metal. La naturaleza del fundente depende de la de la ganga del mineral y de la temperatura a la que se desea se verifique la función. Si es ácida (silíceo o aluminosa), se emplea un fundente básico, como el carbonato cálcico, dolomía o fosfato cálcico. Si la ganga es básica, se añade fundente silíceo, arcilla, pizarra arcillosa, arenisca. La mezcla del mineral y fundente se hace antes de cargar los hornos.

5.2.1.2 Procedimientos para la obtención de los metales.

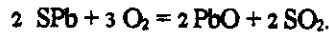
Los procedimientos generales son:

a) Reducción de los óxidos por el carbón:

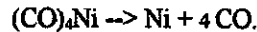


¹ Según referencia No. 15.

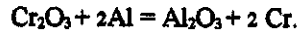
b) Tostación de los sulfuros:



c) Disociación por el calor:



d) Por la sustitución mediante aluminotermia, mezclando un óxido con aluminio en polvo, encendiendo en un punto:



e) Por electrólisis:



5.2.1.3 Purificación o afino.

Los metales obtenidos por primera vez están impurificados por otros cuerpos, los cuales se separan por licuación, por tener distinto punto de fusión; por oxidación de las impurezas a gran temperatura y, finalmente, por electrólisis, colocando como ánodo el metal impuro, y como cátodo, una placa del mismo metal puro u otro metal fácilmente separable, quedando las impurezas disueltas en el electrólito.

5.2.1.4 Reductores y combustibles.

Generalmente se utiliza el carbón de madera o vegetal, el coque y el gas de gasógeno.

Carbón vegetal. Obtenido por destilación seca de la madera fuera del contacto del aire, tiene una composición aproximada del 81% de C., 4% de H, 14% de O. y N. y 0.1% de cenizas. Su densidad relativa es de 1.2 y tiene un poder calorífico de 7,600K. cal./Kg.

Coque. Es el residuo sólido combustible de la destilación de la hulla fuera de contacto del aire. Su composición es: 90% de C., 8% de cenizas, 0.4% de H., 1.6% de O₂, 0.1% de N., 0.1% de S. Tiene un poder calorífico de 8,000 a 9,500 K. cal./Kg.; densidad relativa, 1.4 y gran resistencia a la compresión 100 - 200 Kg./cm².

Gas de gasógeno. Obtenido por la combustión incompleta del carbón, está formado por óxido de carbono e hidrógeno y nitrógeno del aire. Se llama también gas Siemens, Sawson, etc., y tiene un poder calorífico de unas 2,000 K.cal./m.³.

5.2.2 PROPIEDADES DE LOS METALES

Los metales corrientemente empleados en construcción reúnen una serie de propiedades generales que se indican a continuación, además de su determinación.

Para poder ser empleados industrialmente deben ser, además de fácil obtención, el darles formas más apropiadas, según su empleo, y el de alcanzar ciertas resistencias.

La forma se comunica a los metales fundiéndolos colando en moldes, donde solidifica y enfría según su mayor o menor *fusibilidad*; por medios mecánicos a elevada temperatura, según su forjabilidad; en frío, según su *maleabilidad*, y, finalmente, por separación y acoplamiento, según las propiedades de fácil *corte y soldadura*.

5.2.2.1 Fusibilidad.

La facilidad de poder emplear este procedimiento es tanto mayor cuanto más bajo sea su punto de fusión y cuanto más pequeños sean el calor específico y el calor de fusión. El metal en estado líquido debe tener cierta fluidez, para que penetre en los huecos más pequeños. Interesa mucho conocer la contracción de volumen para que no queden espacios vacíos o rechupados, y también que no desprenda gases del metal que se solidifica, pues proyecta trozos fuera del molde, dejando huecos y desgarros denominados *venteaduras*.

Se determina numéricamente el punto de fusión, calor específico, contracción, por medidas de temperatura y longitudes con aparatos apropiados. La fluidez puede apreciarse colando el metal en un canal en forma de espiral y observando hasta qué longitud llega a llenar el molde.

5.2.2.2 Forjabilidad.

Es la capacidad para poder soportar un metal en estado sólido, en caliente, una variación de su forma por acciones mecánicas de martillos, laminadores y prensas, sin pérdida de la cohesión. Depende de la dureza, límite elástico, conductividad para el calor, etc., no conociéndose medida para apreciarla, haciéndose pruebas de forja empíricas, que consisten en reducir a una torta, valiéndose de la forja, una pieza de prueba colada en un molde apropiado, no debiendo agrietarse en los bordes. Cuando no se puede forjar en caliente o en frío, se dice que es frágil o quebradizo en caliente o en frío, situación debida a la presencia de impurezas.

En el acero la forjabilidad y maleabilidad dependen de la composición química, siendo los de pequeño porcentaje de carbono y poco aleados los que mejor se pueden deformar, ofreciendo poca resistencia y siendo el valor límite para la forja 1.7% de carbono.

Elevados porcentajes de azufre y oxígeno hacen que el acero sea quebradizo al rojo. La modificación de la forma se hace paulatinamente para transformar la textura, y a temperaturas inferiores a 900°C se necesita aumentar la fuerza deformante.

5.2.2.3 Maleabilidad.

Es la propiedad de los metales de poder modificar su forma a la temperatura ordinaria por acciones mecánicas de martillado, estirado y laminado. La diferencia que existe entre la forjabilidad y la maleabilidad es que en la primera se puede modificar la forma hasta donde se quiera, mientras la temperatura de la pieza no desciende más que lo necesario para ello, y en la segunda queda limitada en una fase determinada por la pérdida de la maleabilidad, volviéndose duro y quebradizo, y es necesario devolverle, mediante un recocido, la maleabilidad primitiva. Se ensaya la maleabilidad mediante pruebas análogas a las de forjabilidad. La prueba de embutir se hace produciendo con un martillo una abolladura en una chapa, y no deben presentarse grietas. En el hierro, cuando es quebradizo en frío se atribuye a excesivo porcentaje de fósforo.

5.2.2.4 Ductilidad.

Es la propiedad de poderse alargar un cuerpo en la dirección de su longitud, convirtiéndole en alambre o hilos. Depende de la tenacidad, siendo necesario tengan un límite aparente de elasticidad bajo y sean resistentes y medianamente blandos.

El estirado del metal, pasado por los orificios de una hilera, se hace en frío, porque la resistencia disminuye generalmente con la temperatura. El metal estirado en hilera se endurece y vuelve frágil, debiendo ser recocido y desoxidado por decapado o inmersión en un ácido.

Los metales más dúctiles son los preciosos: oro, plata, platino, siguiendo en orden de ductilidad el aluminio, hierro, cobre, cinc, estaño y plomo.

5.2.2.5 Tenacidad.

Es la resistencia a la rotura por tracción que tienen los cuerpos, debido a la cohesión de las moléculas que los integran, expresándose en Kg./mm.². Al aumentar los tratamientos mecánicos de martillado, laminado y trefilado y ciertas proporciones de otros cuerpos o impurezas, como el carbono en el hierro para convertirlo en acero; en cambio, otros la disminuyen, como el azufre. La elevación de temperatura disminuye la tenacidad. Se aprecia en el ensayo de la tenacidad o resistencia a la tracción, la elasticidad y el alargamiento.

5.2.2.6 Facilidad de corte.

Es la propiedad de poderse separar en pedazos con herramientas cortantes. Los metales que no posean esta propiedad, al cortarles se desprenden trozos irregulares. Los metales muy duros, en general no se prestan al corte, y los muy blandos, como el plomo, se adhieren al filo de la herramienta (empastan) impidiendo la formación de un corte liso.

5.2.2.7 Soldabilidad.

Es la propiedad de poderse unir por presión dos metales hasta formar un trozo único. Esta unión puede hacerse a elevada temperatura, presentando la dificultad de poderse formar, al calentar los trozos a unir, una capa de óxido que impida el contacto. Se evita empleando sustancias como bórax (polvos de soldar), que esparcidos

por las piezas antes de la soldadura, forman una escoria muy líquida que disuelve los óxidos y escapa al aproximar los trozos a soldar.

La soldadura se puede hacer al rojo mediante el martillo o forja, y por fusión, mediante el soplete (autógena), electricidad y aluminotermia.

5.2.2.8 Oxidabilidad.

Por la acción del oxígeno del aire se oxidan todos los metales menos los nobles (oro, plata y platino), recubriéndose de una capa de óxido o de carbonato, y si es impermeable, le protege al resto del metal, como el cinc, aluminio, plomo, cobre, etc., pero si es permeable la capa de óxido, como en el hierro, se forma la *herrumbre* u *orín*, penetrando hasta el interior, destruyendo con el tiempo todo el metal. Se evita aleándolos con otro metal o recubriendo con pinturas u otros metales.

5.3 HIERRO

Industrialmente se designa con el nombre de hierro no al elemento químico de símbolo Fe, sino a las aleaciones del hierro con otros elementos que le acompañan, en forma de impurezas, en su obtención o añadidos expresamente para modificar sus propiedades, como el carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, etc.

5.3.1 MATERIAS PRIMAS²

Para la obtención del hierro se necesitan, además de los minerales ferrosos, otras sustancias, como los fundentes y carbón.

Los minerales de hierro más importantes son:

Fe_3O_4 . *Oxido ferroso férrico*, llamado también magnetita o piedra imán, de color negro más o menos brillante. Contiene del 45 al 70% de hierro, y como impurezas, azufre y fósforo. Densidad 4.9 - 5.2; cristaliza en el sistema cúbico.

Fe_2O_3 . *Oxido férrico anhidro*, hematites roja en forma cristalina o hierro oligisto, de color rojizo en terrosa ocre rojo. Su contenido en hierro es de un 40 - 65%, y muy pocas cantidades de fósforo y azufre.

$Fe_2O_3 \cdot H_2O$. *Oxido férrico hidratado*, o hematites parda y limonita; se halla en forma terrosa más o menos compacta y en forma de esferitas u oolítica (limonita). El contenido de hierro oscila del 30 al 45% y algo de fósforo.

CO_3Fe . *Carbonato ferroso*, siderosa o hierro espático, suele contener hasta un 40% de hierro, de color pardo amarillento; le acompañan el manganeso, cromo y arcilla, formando la esferosiderita, terrosa, de color pardo, y con el carbón forma el llamado hierro de las hulleras o hierro carbonoso litoideo, siendo de fácil reducción.

S_2Fe . *Pirita de hierro o marcasita*. No se emplea directamente para la obtención del hierro por su pequeño contenido en hierro, pero se puede aprovechar después de haber eliminado el azufre por tostación en las fábricas de ácido sulfúrico.

5.3.2 FUNDENTES

Cuando la ganga del mineral es ácida se agrega fundente básico, como el carbonato cálcico, llamado *castina*, y si es básica, el fundente debe ser ácido, como arcillas, arenisca, denominado *erbuá*.

De no añadir el fundente, la escoria estaría formada por silicatos aluminico-férricos, perdiéndose hierro, y con los fundentes el silicato que se forma es aluminico-cálcico.

A veces se añade manganeso para rebajar el punto de fusión y comunicarle a la vez mayor dureza.

5.3.3 COMBUSTIBLES

En los altos hornos se suele emplear generalmente coque metalúrgico. En los países ricos en bosques, el carbón de madera, y donde se dispone de energía eléctrica abundante, la electricidad en altos hornos eléctricos.

² Tomado de referencia No. 15.

5.4 PROPIEDADES DEL HIERRO

Las características de resistencia y demás propiedades del hierro varían según su composición química, proceso de obtención, etc., pero gracias a estas variaciones es que se puede obtener una gran variedad de productos derivados del hierro, que se acomodan a los usos y necesidades de la industria y de la construcción.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades técnicas aproximadas de los productos ferrosos usados más frecuentemente en construcción:

Tabla No. 5.1: Propiedades técnicas aproximadas de productos ferrosos.³

PROPIEDADES	Fundición	Hierro dulce	Acero Siemens
Densidad	7.25	7.80	6.86
Punto de fusión °C.	1,100 - 1,300	1,500 - 1,600	1,300 - 1,400
Coficiente de dilatación por 1°C.	11.1μ - 10.6μ	12.4μ - 11.8μ	10.8μ - 12.4μ
Coficiente de contracción longitudinal %.	1 - 1.5	-	0.8 - 2.0
Resistencia a la tracción, Kg./cm. ² .	1,200 - 1,400	3,300 - 4,000	3,700 - 4,500
Resistencia a la compresión, Kg./cm. ² .	6,000 - 8,500	1,800 - 2,600	> 2,000
Resistencia al corte, Kg./cm. ² .	1,000 - 1,100	> 2,000	> 4,000
Resistencia al choque, Kg./cm. ² .	800 - 1,400	20K - 70K	60K - 80K
Módulo de elasticidad, Kg./cm. ² .	100M	200M	210M
Límite de elasticidad, Kg./cm. ² .	150K - 190K	130K - 170K	240K
Límite de proporcionalidad Kg./cm. ² .	-	130K - 160K	180K - 230K
Límite de fluencia y aplastamiento Kg./cm. ² .	-	180K - 260K	> 280K
Porcentaje de alargamiento	-	10 - 12	20

5.4.1 ACEROS FORJADOS

Según Orus (18), la forja es una manera de dar forma a los metales en general por medio de esfuerzos de compresión y tracción cuando son maleables o dúctiles, en frío o caliente, mediante el martillo, prensas, martinets, etc.

El acero en forma de lingotes se calienta generalmente en hornos de reverbero; se somete a la acción de prensas hidráulicas de cientos o miles de toneladas, empleándose estampas y punzones.

Los martinets dan una serie de golpes mediante martillos elevados por vapor o aire comprimido hasta cierta altura y caen libremente.

El forjado comunica a los cuerpos estructuras compactas y fibrosas. Cuando se hace en frío se obtienen superficies más limpias y se conservan las dimensiones aumentando la dureza, por lo que hay que dar un recocido a las piezas para que no se rompan al trabajar en frío después.

Los aceros utilizados para la forja tienen generalmente las siguientes características:

Carbono, 0.25 - 0.35 %; Manganeso, 0.35 - 0.50%; Sílice, 0.10 - 0.30%; Azufre, < 0.06%; Fósforo, < 0.04%; Rotura a tracción 40 - 60 Kg./mm.²; Alargamiento, 20%; y Dureza Brinell 130.

5.4.2 ACEROS ESTRUCTURALES⁴

Las clasificaciones generales permiten agrupar a los aceros estructurales disponibles en la actualidad en cuatro categorías principales, algunas de las cuales tienen subdivisiones. Los aceros que utilizan el carbono como elemento principal en la aleación se llaman *aceros estructurales al carbono*.

Pueden agruparse dos subdivisiones dentro de la clasificación general de aceros al carbono con baja aleación. A fin de ofrecer mayores resistencias que los aceros comunes al carbono, los aceros con bajo contenido

³ Tomado de referencia No. 15.

⁴ Según referencia No. 12.

de aleación tienen cantidades moderadas de uno o más elementos de aleación, aparte del carbono. Los aceros al *columbio-vanadio*, son metales de elevada resistencia al límite de cedencia, producidos con la adición de pequeñas cantidades de estos dos elementos a los aceros de bajo contenido de carbono.

Hay en el mercado dos clases de *aceros con tratamiento térmico*, para usos en la construcción. Los *aceros al carbono con tratamiento térmico* están disponibles normalizados o enfriados y templados y su resistencia se logra sólo a base del contenido de carbono. Los *aceros para construcción de aleación con tratamiento térmico* son aceros enfriados y templados que contienen cantidades moderadas de elementos de aleación, además del carbono.

Otra categoría general, los *maraging* constan de aleaciones de alto contenido de níquel con bajo contenido de carbono. Estas aleaciones se someten a tratamiento térmico para envejecer la martensita de hierro-níquel. Los aceros de martensita envejecida son exclusivos, porque son los primeros aceros de grado para construcción que, en esencia, están libres de carbono. Su alta resistencia depende por completo de los otros elementos de aleación. Esta clase de acero ha abierto la puerta al desarrollo de toda una nueva serie de aceros libres de carbono.

Las designaciones de las especificaciones ASTM sirven para clasificar los aceros estructurales que han estado en uso un tiempo suficiente para poder clasificarlos. Estas especificaciones cubren las variables de producción, como proceso, contenido químico y tratamiento térmico, así como mínimos de rendimiento en propiedades de tracción y dureza.

El agrupamiento por *resistencia al límite de fluencia* puede establecerse mediante otro sistema de clasificación. En la Tabla No. 5.2 se muestran los requisitos de la ASTM para acero estructural, acero de refuerzo y anclajes. Pueden formarse cinco agrupamientos generales:

36 Ksi (2500 Kg./cm.²). Es el acero al carbono para fines estructurales, se utiliza en la construcción de puentes y edificios remachados, atornillados y soldados.

42 a 65 Ksi (3,000 a 4,600 Kg./cm.²). Estos aceros de alta resistencia y bajo contenido de aleación se desarrollaron en la década de 1930 para lograr que los valores mínimos a la cedencia fueran superiores a los obtenibles con los aceros estructurales al carbono.

50 a 80 Ksi (3,500 a 5,600 Kg./cm.²). Son aceros desarrollados a fines de la década de 1950 y principios de la de 1960, para llenar el hueco existente entre las resistencias de 60 a 100 Ksi. en punto de cedencia.

90 a 100 Ksi (6,300 a 7,000 Kg./cm.²). Aceros de aleación con tratamiento térmico introducidos al principio de la década de 1950 para uso en la construcción.

200 a 300 Ksi (14,000 a 21,000 Kg./cm.²). El fértil campo de desarrollo actual en el cual compete la industria siderúrgica con otros tipos de materiales, para producir materiales con alto índice de resistencia por unidad de peso.

La comparación de la composición química en cuanto a carbono y otros elementos de aleación, puede utilizarse para distinguir entre sí los aceros estructurales. La mayoría de los aceros estructurales, excepto los aceros martensíticos, contiene carbono en cantidades entre 0.10 y 0.28 %. Los aceros más antiguos tienen pocos elementos de aleación y suelen clasificarse como aceros al carbono. Los aceros que contienen cantidades moderadas de elementos de aleación, con menos de un 2 % de cualquier otro elemento, se llaman aceros con bajo contenido de aleación. Los aceros que contienen mayores porcentajes de elementos de aleación, como los aceros martensíticos con 18 % de níquel, se designan aceros con alto contenido de aleación. Las composiciones químicas específicas de los aceros estructurales clasificados se indican en las especificaciones ASTM. Las composiciones químicas típicas de otros aceros estructurales pueden obtenerse con los fabricantes.

En ocasiones se utiliza un sistema de numeración básica para describir el contenido de carbono y de aleación de los aceros. En el sistema de numeración del American Iron and Steel Institute (AISI) para aceros con bajo contenido de aleación, los dos primeros números indican el contenido de aleación y los dos últimos indican el contenido nominal de carbono en fracciones de 0.01 %. En la tabla No. 5.3 aparece una breve descripción de algunos aceros AISI. La lista completa de aceros AISI, con límites de composición y bandas de endurecimiento,

TABLA No. 5.2

Requisitos de la ASTM para acero estructural, acero de refuerzo y anclajes. (*)

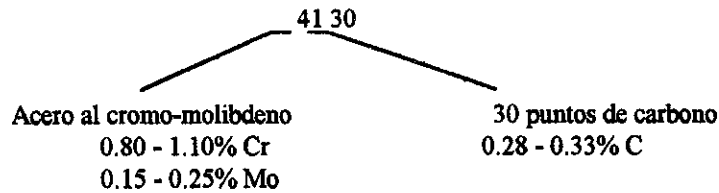
ACERO	Especificación ASTM	Resistencia mínima a la tensión en Ksi (Kg./cm. ² x 10 ³)	Esfuerzo mínimo de fluencia en Ksi (Kg./cm. ² x 10 ³)	Elongación mínima en 8" (20 cm) en %	Elongación mínima en 2" (5 cm) en %	Prueba de doblado: relación del diámetro de doblado, en plg. al espesor del espécimen en plg.					
						0 - 3/4	3/4 - 1	1 - 1½	1½ - 2	Más de 2	
Acero estructural	A36	58-80 (4.1-5.7)	36 (2.6)	20	23	½	1	1½	2½	3	
Acero estructural Mn-V de alta resistencia y baja aleación	A441	60-70 (4.3-5.0)	40-50 (2.8-5.0)	18	21	1	1½	2	2½	3	
Acero estructural de alta resistencia y baja aleación	A242	63-70 (4.5-5.0)	42-50 (3.0-3.5)	18	21	1	1½	2	2½	3	
Acero de columbio-vanadio, de baja aleación y alta resistencia	A572	60-80 (4.3-5.7)	42-65 (3.0-4.6)	20-15	24-17	Depende del grado					
Acero estructural de baja aleación y alta resistencia	A588	63-70 (4.5-5.0)	42-50 (3.0-3.5)	18	21	1	1½	2	2½	3	
Acero enfriado y templado, de alta resistencia a la fluencia	A514	110-130 (7.8-9.2)	90-100 (6.4-7.1)		17-18	2	2	3	4	4	
Acero estructural	A529	60-85 (4.3-6.0)	42 (3.0)	19		1					
Pernos de acero de alta resistencia	A325	105 (7.4)	81 (5.7)		14						
Pernos de acero con aleación, de alta resistencia	A490	150-170 (11-12)	115-130 (8.1-9.2)		14						
Láminas y flejes de acero al carbono	A570	49-65 (3.5-4.6)	30-50 (2.1-3.5)	19-10	25-11	Depende del grado					
Aceros marenejados			200-300(14-21)								
Acero estructural para puentes	A709	58-130 (4.1-9.2)	36-100 (2.5-7.1)	18-20	23-17						
Pernos y tuercas, maquinados	A307	60-100 (4.3-7.1)			18						
Lám. acanaladas, para t.	A328	70 (5.0)	38.5 (2.7)	17		2					
Hierro colado, 65 - 35, recocido	A27	70 (5.0)	38.5 (2.7)	17							
Acero de refuerzo para concreto: Varillas de acero	A615					Prueba de doblado a 180°; relación del diámetro del mandril al diámetro del espécimen					
Grado 40		70 (5.0)	40 (2.81)	7.0-11	Bajo el No. 6: 4; números 6, 7, 8, 9, 10, 11:5						
Grado 60	90 (6.4)	60 (4.2)	7.0-9.0	Bajo el No. 6:4; número 6: 5; número 7, 8: 6; números 9, 10, 11:3							
Acero para rieles	A616					Bajo el número 8:5; números 9, 10, 11:8*					
Grado 50		80 (5.7)	50 (3.5)	5.0-6.0	Bajo el número 8:5; números 9, 10, 11:8*						
Grado 60	90 (6.4)	60 (4.2)	4.5-6.0	W7 o menor: 1; mayor que W7: 2							
Alambres est. en frío	A82	70-80 (5.0-5.7)	56-70 (4.0-5.0)								
Torón de siete hilos, para presfuerzo	A416										
Grado 250	250 (17.6)	**	Longitud de medición 3.5 en 24 plg.								
Grado 270	270 (19.1)	**	Longitud de medición 3.5 en 24 plg.								

(*) Tomado de referencia No. 12.

* Doble a 90° para varillas No. 11.

** La resistencia a la fluencia debe ser al menor el 85% de la resistencia mínima a la ruptura.

pueden encontrarse en el volumen 1 de *Metals Handbook* (American Society for Metals). Una designación AISI típica, la 4130, tiene el siguiente significado:



También están especificados: 0.40 a 0.60% Mn (manganeso), 0.040% P (fósforo) máximo, 0.040% S (azufre) máximo, 0.20 a 0.35% Si (silicio).

Tabla No. 5.3: Sistema de numeración AISI para algunos aceros de bajo contenido de aleación.⁵

Acero de Aleación	No. AISI	Contenido promedio de aleación
Aceros simples al carbono	10xx	Ninguno
Aceros al manganeso	13xx	1.75% Mn
Aceros al níquel-cromo	31xx	1.25% Ni, 0.65% Cr
Aceros al molibdeno	40xx	0.25% Mo
Aceros al cromo-molibdeno	41xx	0.9% Cr, 0.2% Mo
Aceros al níquel-cromo-molibdeno	43xx	1.8% Ni, 0.8% Cr, 0.25% Mo
	86xx	0.55% Ni, 0.5% Cr, 0.2% Mo
	87xx	0.55% Ni, 0.5% Cr, 0.25% Mo
Aceros al níquel-molibdeno	46 xx	1.8% Ni, 0.25% Mo
Aceros al cromo	51xx	0.9% Cr
Aceros al cromo-vanadio	61xx	0.9% Cr, 0.15% V
Aceros al silicio-manganeso	92xx	2.0% Si, 0.85% Mn
Aceros intensificados con boro	xxBxx	0.0005% B min
Aceros de horno eléctrico	Exxxx	
Aceros endurecibles	xxxxH	Sujeto a los límites de la banda de endurecimiento controlado.

El *tratamiento térmico* puede utilizarse como otro medio de clasificación. Los aceros estructurales antiguos al carbono y los aceros de alta resistencia y bajo contenido de aleación no tienen tratamiento térmico específico, pero sus propiedades se controlan por el proceso de laminación en caliente. Los aceros para construcción y los aceros al carbono con tratamiento térmico necesitan un proceso de enfriamiento y temple para desarrollar sus propiedades de alta resistencia. Los aceros ASTM A 514 se someten al tratamiento térmico con enfriamiento por inmersión en agua o aceite a no menos de 850°C. y, luego, con temple a no menos de 600°C. Los aceros al carbono con tratamiento térmico se someten a una secuencia similar de enfriamiento por inmersión y temple: austenización, enfriamiento con agua y, luego, temple a temperaturas entre 500°C. y 700°C. El tratamiento térmico típico para los aceros maraging comprende el recocido a 800°C. durante una hora, enfriamiento al aire a la temperatura ambiente y envejecimiento a 450°C. durante tres horas.

5.4.3 ACEROS AL CARBON ORDINARIOS

Según Merritt (14), los aceros al carbono constituyen el más importante grupo de materiales utilizados en la ingeniería y en la industria. De hecho, las propiedades mecánicas de esos aceros simplemente al carbón, sin ningún elemento de aleación, y en la mayoría de los casos también sin ningún tratamiento térmico, son suficientes para atender la mayoría de las aplicaciones de la práctica. Como se sabe, los estados normales de utilización de esos materiales son el fundido y el trabajado. Las piezas fundidas, generalmente requieren un tratamiento térmico de recocido o normalizado para alivio de las tensiones originadas en la solidificación y para homogeneización de la microestructura.

⁵ Tomado de referencia No. 12.

El acero trabajado por forjado, laminación, estiramiento, trefilación, etc., es utilizado directamente en la forma de perfiles obtenidos a través de esos procesos, sin necesidad de tratamientos térmicos complejos, a no ser en los casos de trabajo final en frío, cuando es necesario eliminar el efecto de enfriamiento.

5.4.4 FORMAS COMERCIALES DE LOS PRODUCTOS FERROSOS⁶

Las fábricas clasifican los hierros y aceros en semiproductos, cuando no han sido apenas trabajados (lingotes, tochos, palanquillas), y elaborados, como los perfiles, chapas, roblones, etc.

5.4.4.1 Semiproductos

Lingotes de acero. Son bloques de forma piramidal tal y como se obtiene en las lingoteras, no habiendo sufrido ninguna elaboración. Se hacen desde 4 a 40 toneladas y se denominan según el procedimiento en que se han obtenido en lingote Bessmer, Martin-Siemens, etc.

Tochos. Son bloques que han sufrido una laminación o forja de sección rectangular y aristas redondeadas, desde 130 x 130 a 340 x 340 y 550 x 210 mm.

Llantón. Es un semiproducto de sección rectangular destinado a la fabricación de hojalata y chapa fina de dimensiones variables, siendo generalmente de 150 a 350 mm. de ancho y 5 a 50 mm. de espesor.

Palanquilla. Son barras de sección aproximadamente cuadrada, de aristas romas, de 50 a 120 mm. de lado.

5.4.4.2 Hierros elaborados. De sección rectangular.

Fleje. El perfil plano, menor de 4 mm. de espesor y 200 mm. de ancho.

Pletina. Cuando el perfil es de 4 a 10 mm. de espesor y 200 mm. de ancho.

Llanta. Es el perfil rectangular, de 4 a 100 mm. de espesor y 200 mm. de ancho.

Plano ancho. Si el espesor es de 6 a 20 mm. y el ancho de 200 a 600 mm. y 12 m. de largo máximo.

Chapa negra. Son los perfiles planos que exceden de 600 mm. de ancho. La chapa fina tiene espesores desde 0.4 a 2.7 mm.; ancho, 1.25 m., y largo, de 2.5 a 5 m. La chapa mediana y gruesa tiene de 3 a 35 mm. de grueso; ancho, de 1 m. hasta 2.6 m., y longitud de 5 a 16 m.

Hojalata. Son chapas negras cubiertas de una película de estaño. Espesor, de 0.2 a 0.8 mm. y medidas 712 x 508, 635 x 432 y 508 x 355 mm.

Chapa galvanizada lisa. Se obtiene revistiendo las chapas negras con cinc. Espesores, desde 0.4 a 2.7 mm., y dimensiones 2 x 1 metro.

Chapa galvanizada ondulada. Las destinadas a cubiertas tienen la ondulación en arco de parábola, fabricándose de una longitud de onda, altura ídem y ancho útil siguientes: 76-24-60; 90-24-810; 105-23-840; 130-35-780 mm. La longitud corriente es de 2 m., y el espesor, desde 0.6 a 2 mm.

Chapa estirada. Son chapas de acero, y en una de las caras tiene estrías en relieve formando rombos, de 2 mm. de espesor y 5 mm. de anchura, espesores de 5 a 10 mm., anchos de 750 a 1,250 mm. y longitud de 3 a 6 m.

Chapa desplegada. Se fabrica con chapas lisas recocidas, en las que se dan una serie de cortes al tresbolillo y, estirando, se forman mallas romboidales.

Hierros de sección cuadrada. Se denomina:

Cuadrillos, los	<	de 20 x 20 mm.
Palanquillas, de		20 x 20 a 40 x 40 "
Torchuelos, de		40 x 40 a 70 x 70 "
Torchos,	>	de 70 x 70 "

Se fabrican desde 5 a 150 mm. de lado, aumentando en 1, 2, 5 y 10 mm.

⁶ Tomado de referencia No. 15.

Hierros de sección circular. Se llaman:

Alambres.....<	5 mm. de diámetro.
Fermachine.....	5 mm. de diámetro.
Varillas.....	5 - 20 mm. de diámetro.
Redondos.....>	20 mm. de diámetro.

Se fabrican desde 5 a 200 mm. de diámetro, con aumentos progresivos de 0.5, 1, 2, 2.25, 5, y 10 mm.

Hierros de sección hexagonal, octogonal, medios redondos, triangulares, pasamanos, etc.

5.4.4.3 Perfiles laminados

Se obtienen por laminación de aceros suaves soldables, designándose, además de la forma por números que indican su altura o ancho expresados en centímetros. Se fabrican con longitudes desde 4 a 16 m.

Hierros en ángulo L (Figura No. 5.1). Llamados también cantoneras, de lados iguales (Figura No. 5.1a) o desiguales (Figura No. 5.1b), en la relación 1: 1.5 ó 1: 2. El radio de acuerdo de las alas es igual a la semisuma de los espesores máximo y mínimo: $r = (e_{\text{máx.}} + e_{\text{mín.}})/2$. El radio de curvatura de las alas es igual a la mitad del radio anterior: $r_1 = r/2$.

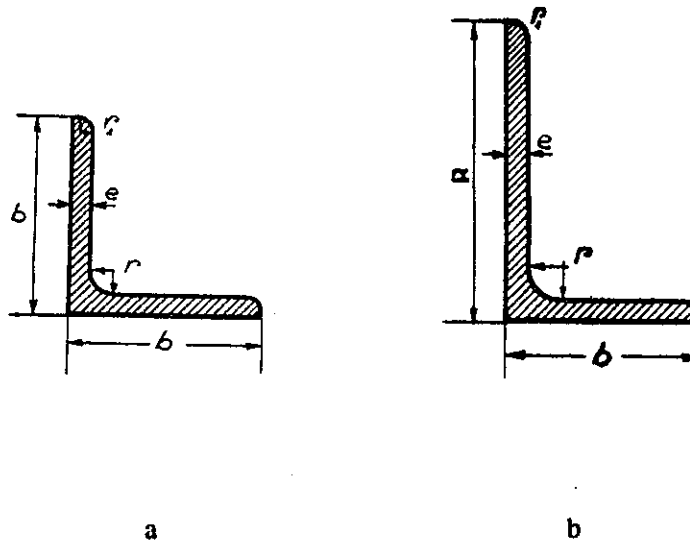


Figura No. 5.1

Hierros en U (Figura No. 5.2). Se fabrican desde 4 a 12 m. de longitud desde el perfil 8 al 30. Las alas interiores tienen una inclinación del 8%. El radio de acuerdo al alma con las alas es igual al espesor de las alas medido a $1/2b$, y el de curvatura de las aletas, igual a la mitad del radio anterior, $r_1 = 1/2r$.

Hierros en T sencilla (Figura No. 5.3). La altura h es igual a la base, b , fabricándose desde 20 x 30 x 3 hasta 100 x 100 x 13 mm. Los radios de acuerdo al alma con la base y los espesores de éstos son iguales a $r = e$. Los radios de curvatura de la base y los del alma son igual a $1/2e$. La inclinación de las aletas de la base es de 2%, y la del alma, 4%. El espesor, e , se mide a $1/4$ de b y a $1/2h$. Los de ala ancha, $b > h$, se fabrican desde 100 x 55.8 hasta 100 x 75.8 mm.

Hierros en doble T de ala estrecha I (Figura No. 5.4, a). Se denominan también viguetas, fabricándose desde el perfil número 8 al 50. El radio de acuerdo al alma con las aletas es igual al espesor $R = e$, y el de curvatura de las aletas $r_1 = 0.6e$. La inclinación de las aletas es del 14%. El espesor de la aleta se mide a $1/4b$ y es igual a $1.5e$.

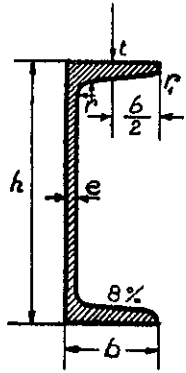


Figura No. 5.2

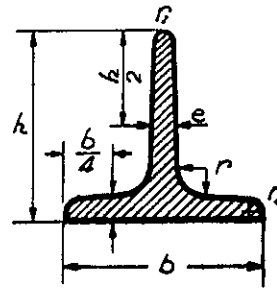


Figura No. 5.3

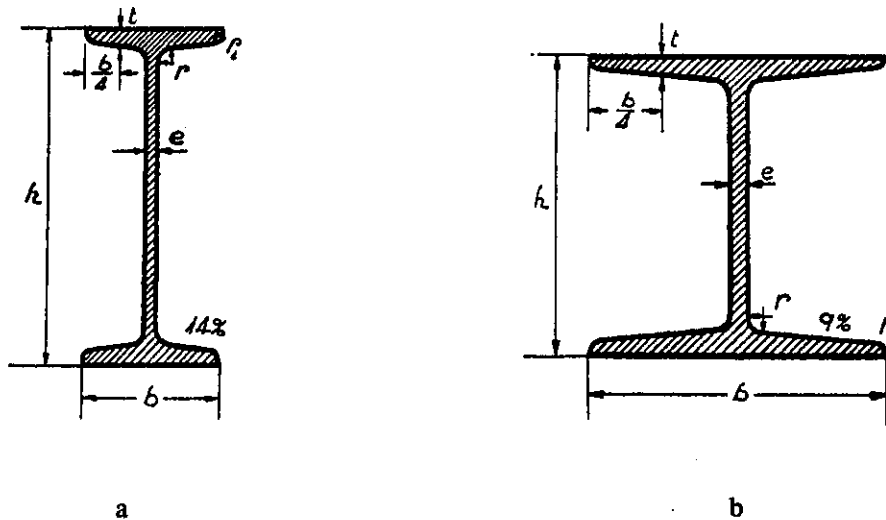


Figura No. 5.4

Hierros doble T de ala ancha I (Figura No. 5.4, b). La altura es igual a la base $h = b$ y las aletas tienen una inclinación del 9% fabricándose desde 14 x 14 x 8.5 al 22 x 22 x 10.5 mm.

Hierros doble T de ala ancha y paralela I. Se denominan Grey; se fabrican de altura igual a la base, desde el perfil 20 al 80.

Perfiles varios. Hierros zorés, cuadrantes, en zeta, perfiles para puentes, ventanas, carriles, etc.

5.4.4.4 Clavos

Consta de un vástago de forma cónica o piramidal, terminando en punta por un extremo y en un ensanchamiento o cabeza por el otro (Figura No. 5.5).

Se fabrican forjando primero el vástago y después la cabeza, que cuando es ancha y lleva relieves, se llama *tachuela*. También se hacen los clavos por corte de palastros, obteniéndose de forma cuadrada, una de cuyas puntas se dobla, haciendo de cabeza y, la otra se aguja o corta a bisel, recibiendo el nombre de *escarpia*. Sus dimensiones varían desde 7 a 13 cm. y llegan hasta 50 cm.

El material suele ser hierro dulce, cobre, latón o bronce, generalmente. Se clava y arranca fácilmente, adheriéndose al material que une.

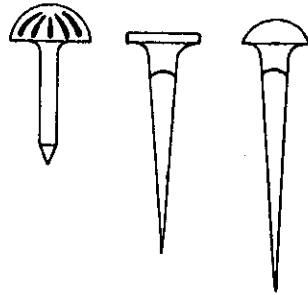


Figura No. 5.5

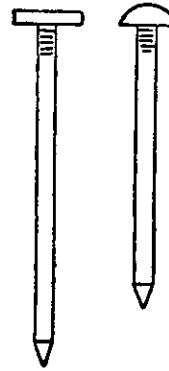


Figura No. 5.6

5.4.4.5 Puntas

El vástago es cilíndrico (Figura No. 5.6) y se fabrican con alambre de acero Thomas, obtenido por estirado en hilera y empleando máquinas automáticas que les dan la forma definitiva. La cabeza puede ser plana, cuadriculada, cónica y semiesférica, reforzándose en ocasiones con nervios y gargantas.

Las puntas se llaman de París, por referirse al calibre de dicha ciudad, designándolas por un quebrado que indica la longitud y diámetro del vástago. Se fabrican desde 0.6 a 24 cm. de longitud y se venden por peso.

5.4.4.6 Tornillos

Están formados por un vástago cilíndrico o cónico fileteado en casi toda su longitud, terminando por un extremo es una cabeza y por el otro está roscado (Figura No. 5.7).

Cuando el tornillo carece de cabeza y el vástago está fileteado todo él en distinto sentido cada extremo, se denomina tornillo *prisionero*, y cuando carece de rosca en uno de los extremos, *cabo*. Las cabezas y tuercas se hacen cuadradas y hexagonales.

Los tornillos con cabeza, pero sin tuerca, se llaman tornillos de *presión*. Las cabezas de los tornillos pueden ser cuadradas, hexagonales, semiesféricas o troncocónicas. Los tornillos para madera (Figura No. 5.8) tienen el vástago cilíndrico junto a la cabeza, y después, cónico, fileteado en forma de barrena denominada en rosca de lima. La longitud oscila de 40 a 300 mm. y un diámetro de 6 a 18 mm. La cabeza de los tornillos para madera es, generalmente cuadrada, y se colocan arandelas para repartir mejor la presión. También se fabrican con cabeza plana troncocónica, para quedar embutida, o semiesférica, y están provistos de una ranura para su colocación. Por lo general se hacen de acero dulce y de latón, por medio de máquinas automáticas.

Los *tirafondos* son tornillos con rosca de lima, y sirven para sujetar los carriles a las taviasas de madera.

Los tornillos para unir metales se hacen de acero, con el vástago cilíndrico y fileteado solamente en el extremo opuesto de la cabeza.

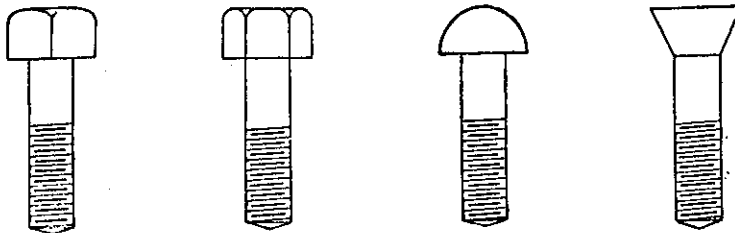


Figura No. 5.7



Figura No. 5.8

Los *pernos* son tornillos para sujetar elementos metálicos, siendo, por lo general, de grandes dimensiones, empleándose para anclaje de máquinas, teniendo corrientemente en un extremo una cabeza en forma de cayado, o tuerca, y el otro está fileteado para una tuerca.

5.4.4.7 Roblones

Están formados por un vástago cilíndrico y una cabeza semiesférica (Figura No. 5.9, a y b), troncocónica plana, de cabeza perdida, avellanada, o de gota de sebo (Figura No. 5.9, c). Las dimensiones varían desde 8 a 33 mm. de diámetro, aumentando de 2 en 2 mm., y la longitud es, por lo menos, 2.5 veces el diámetro.

Los roblones se fabrican a máquina, en frío hasta 14 mm. de diámetro, y en caliente, los mayores. Sólo se fabrican con una sola cabeza, pues la otra se remacha en caliente, una vez colocados en la pieza. Generalmente se fabrican con aceros suaves, con carga de rotura de 40 - 50 Kg./mm.² y alargamiento del 25%, haciéndose también de aluminio o cobre.

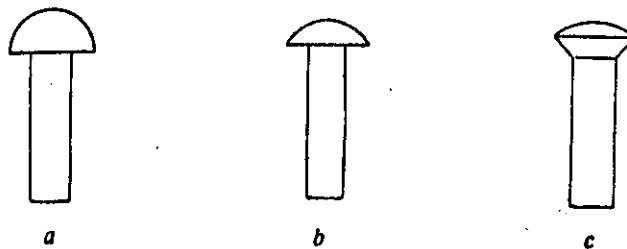


Figura No. 5.9

5.4.4.8 Cables

Son cuerpos flexibles formados por la reunión de alambres alrededor de un alma de cáñamo o hierro dulce para constituir cordones, y varios de éstos reunidos por torsión en forma de hélice integran los cables.

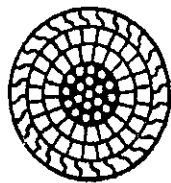


Figura No. 5.10

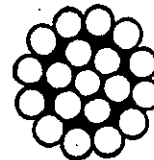


Figura No. 5.11

Generalmente los cables se hacen con alambres de acero de 1 a 3 mm. de diámetro, arrollados en sentido contrario a los cordones para evitar se desenrollen (Figura No. 5.10). Los cables llamados cerrados están formados por alambres de acero fundido colocados en anillos concéntricos (Figura No. 5.11). El colchado o retorcido de los alambres aumenta su resistencia a causa del rozamiento entre ellos, evitando el deslizamiento. Los alambres se empalman por soldadura y su resistencia es casi la suma de los alambres que forman el cable. La resistencia de los alambres varía de 60 a 220 Kg./mm.², según sean los aceros corrientes o especiales.

Los cables se ensayan a tracción, cortadura y plegado a 180°.

5.5 COBRE, PLOMO, CINCO, ESTAÑO, ALUMINIO, CROMO Y NIQUEL⁷

5.5.1 COBRE

Fue conocido y empleado por el hombre prehistórico, que fabricó armas, utensilios y adornos, aleado con el estaño, formando el bronce.

Los egipcios (5,000 años a. de J. C.) explotaban las minas de cobre del Sinaí. Los fenicios fueron maestros en la fundición del bronce con el cobre que sacaban de la isla de Chipre, de donde deriva la palabra *cuprum*.

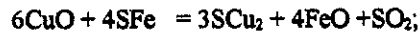
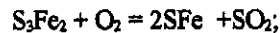
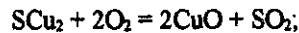
5.5.1.1 Minerales

Calcosina, SCu_2 , con 80% de Cu; *Calcopirita*, S_2FeCu , contiene 34% de Cu; *Cuprita*, Cu_2O ; *Malaquia y azurita*, $\text{Co}_3\text{Cu} \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$.

5.5.1.2 Obtención

Varian los procedimientos según la naturaleza de los minerales: los óxidos y carbonatos se mezclan con fundentes y reducen con carbón en hornos de reverbero.

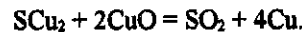
Los minerales sulfurados se pueden tratar por vía seca, tostándolos en hornos de reverbero para que se volatilice el azufre y arsénico, transformándose el sulfuro de hierro en óxido, y el cobre se oxida parcialmente, obteniéndose una mezcla de sulfuros y óxidos de cobre y hierro:



los cuales se tratan por sílice, y elevando la temperatura se funden y forman escorias de hierro que se eliminan y una masa de sulfuros que se denomina *mata bruta*, conteniendo de un 20 a 40% de cobre.

Repetiendo el tratamiento anterior se logra casi por completo eliminar el hierro, quedando una masa de sulfuro de cobre llamada *mata blanca*.

Se calientan estas matas hasta fusión en corriente de aire en hornos de reverbero, cubilotes, obteniéndose cobre negro, del 90% de pureza, y en convertidores, con el 98% de cobre:



5.5.1.3 Propiedades

El cobre es un metal de color rojo característico; cristaliza en el sistema regular, blando, dureza 3 en la escala de Mohs, densidad relativa 8.9, punto de fusión 1,084°C, gran conductor del calor y electricidad, coeficiente de dilatación lineal 0.000018, es muy dúctil, maleable y tenaz, pudiendo obtenerse hilos muy finos y láminas de 0.0026 mm. de espesor. Es muy flexible. Resistencia a la tracción, llega a 45 Kg./mm², y 60 Kg./mm². a la compresión. Alargamiento, 38%. Se puede forjar, laminar y prensar en frío y en caliente.

El cobre puro es inoxidable a la temperatura ordinaria en aire seco y húmedo, exento de anhídrido carbónico, pero en el aire húmedo y con CO_2 se cubre de una capa de sulfato hidroxil-cúprico, $\text{CO}_3\text{Cu} \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, de color verde azulado (pátina o cardenillo).

El cobre puede soldarse y unir en caliente por forja, y dársele la forma de platinas, chapas, barras, tubos y alambre en caliente o frío, y la mejor temperatura de recocido es la de 650°C. Con estaño forma la aleación llamada bronce, y con el cinc, el latón.

5.5.1.4 Aplicaciones

En forma de chapas para revestir cubiertas, decoración, tubos y, sobre todo, alambres y cables para canalizaciones eléctricas, aleado con cinc y estaño, para ornamentación y estatuas.

⁷ Según referencia No. 15.

5.5.1.5 Formas comerciales

Se denomina, según el procedimiento como se ha obtenido, en cobre de roseta, cementación, convertidor, electrolítico, encontrándose en el comercio en forma de chapas de dimensiones corrientes, 0.7 - 1m por 1.5 - 2 m., y espesores de 0.7 - 1 mm., empleadas en el revestimiento de cubiertas y en decoración. Los tubos se utilizan en cocinas, locomotoras, etc., pudiendo ser sin soldadura, obtenidos por electrólisis, o estirados y soldados. Los alambres se fabrican desde 0.1 hasta 2 cm., según la clase de conductores.

5.5.2 PLOMO

Fué conocido y empleado en Egipto e India, encontrándose bastante abundantes sus minerales, y es de fácil metalurgia.

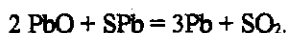
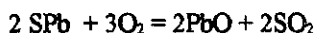
5.5.2.1 Minerales

La *galena* o sulfuro de plomo, SPb , contiene 86.5% de plomo. *Cerusita*, CO_3Pb , o albayalde, contiene 77.5% de plomo. *Anglesita*, SO_4Pb , con 68% de Pb.

5.5.2.2 Obtención

Se prepara casi todo a partir de la galena, por el procedimiento de tostación, pasando el plomo a óxido, el cual es después sometido a una fusión reductora en presencia de coque o carbón vegetal.

Por el método de tostación y reacción se transforma la galena en una mezcla de sulfuro, óxido y sulfato de plomo, y elevando después la temperatura, el óxido y sulfuro descomponen al sulfato, formándose anhídrido sulfuroso y plomo metálico:



El procedimiento de precipitación o cementación trata la galena por hierro a elevada temperatura, formando plomo metálico y mata de plomo (sulfuros de hierro, plomo y cobre).

El plomo bruto o de obra hay que refinarlo para eliminar las impurezas, principalmente plata, en hornos de reverbero o con álcalis y desplatado con cinc, por cristalizaciones repetidas.

5.5.2.3 Propiedades

El plomo es un metal blanco azulado con brillo metálico intenso recién cortado, empañándose al contacto del aire, y toma color gris. Es el más blando de los metales pesados, rayándose con la uña, corta con el cuchillo y tizna el papel. Es muy maleable, pudiendo laminarse en finas hojas y estirarse en alambres, aunque no guardan proporción su maleabilidad y tenacidad. Su punto de fusión es bajo: 327.4°C; permite soldarle fácilmente.

El aire seco no le ataca, pero en el húmedo se oxida rápidamente, superficialmente. Es muy resistente a los ácidos y álcalis. Calentando al aire se transforma en óxido PbO , litargirio, y después en Pb_3O_4 , o minio rojo, que, junto al albayalde, son magníficos elementos para la pintura.

El plomo blando se alea con el antimonio en la proporción de un 10%, volviéndose más duro; es menos flexible y más resistente. El plomo blando resiste 1.5 Kg./mm.² a la tracción, y el duro, 3. A la compresión, 3 y 5 Kg./mm.², respectivamente. El peso específico relativo es 11.34 en estado sólido. Contracción, 1%, y coeficiente de dilatación, 2.9 mm. por metro.

5.5.2.4 Aplicaciones

En forma de chapas para cubiertas, tubos para gas y agua, emplomado de otros metales, alambres y varillas.

5.5.2.5 Formas comerciales

Chapas o planchas desde 0.5 a 12 mm. de espesor, anchos de 1.5 a 3 m. y 3 a 10 m. de longitud. El de cubiertas tiene 1.5 mm. de espesor. Se emplean como placas de apoyo de las vigas de hierro, y para revestir depósitos, muros, etc.

Tubos de plomo. Se fabrican los de diámetros superiores a 300 mm. por arrollamiento y soldadura de chapas de plomo, y los de menor diámetro, por prensado de un bloque recién solidificado, haciéndole pasar por una boquilla del diámetro exterior que haya de ser el tubo, y un vástago que da el diámetro interior, variándose los gruesos de pared empleando diferentes boquillas.

Los tubos se emplean en las canalizaciones de gas y agua, las sales del agua forman incrustaciones, protegiendo las paredes interiores, las cuales se pueden desprender o disolver si pasan aguas muy puras, como las de lluvia. Se protegen haciendo pasar por ellos una disolución de sulfato sódico, que forma una capa de sulfato de plomo insoluble, y, mejor, por galvanizado o estañado interior. Se unen con bridas o soldaduras.

Los diámetros corrientes de tubos de plomo son de 10 a 80 mm., espesores de paredes de 2 a 5 mm. y longitudes hasta 20 m.

5.5.2.5 Lingotes de plomo

En el comercio se venden lingotes o galápagos de 5 a 50 Kg. para fundir y emplear en las uniones de tubería de fundición o para asegurar hierros, palomillas y grapas.

5.5.3 CINC

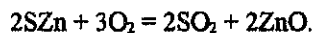
No fué conocido puro en la antigüedad, aunque lo emplearon aleado con el cobre, formando el latón. Los primeros que obtuvieron el cinc parece fueron los chinos, y en Europa era importado con el nombre de "estaño de las Indias".

5.5.3.1 Minerales

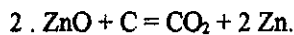
Los más importantes son: *Blenda*, SZn , sulfuro de cinc, contiene un 67% de Zn; *Calamina*, Co_3Zn , carbonato de cinc, con un 65%; *Smithsonita*, $SiO_2 \cdot 2ZnO \cdot H_2O$, silicato de Zn y *cincita*, ZnO , óxido de cinc rojo, con un 80% de Zn y manganeso.

5.5.3.2 Obtención

Los minerales de cinc hay que prepararlos convenientemente para poderlos reducir a $900^\circ C$ por el carbón, mediante tostación:



empleándose el anhídrido sulfuroso para obtener ácido sulfúrico, y el óxido de cinc mezclado con un 25% de coque se reduce a $1,100^\circ C$ en muflas de arcilla colocadas en el horno común de destilación:



Como la temperatura de reducción es superior a la de ebullición, el cinc se obtiene en forma de vapor, siguiendo a la reducción la destilación y condensación, que se verifica en un recipiente o alargadera situado fuera del horno, recogiendo el metal en estado líquido.

El cinc obtenido por fusión está impurificado con plomo, hierro, cobre, estaño, etc., y se refina por fusión y reposo de la masa fundida en hornos de cubeta, cayendo al fondo el hierro y plomo, y los restantes flotan. Así se obtiene el Zn de 99% de pureza.

Moderadamente se obtiene el cinc de 99.99 por electrólisis del ZnO procedente de la tostación, pues es más económico que el procedimiento térmico. El óxido de cinc se disuelve en ácido sulfúrico, empleándose como ánodo insoluble óxido de plomo y cátodo de aluminio.

5.5.3.3 Propiedades

El cinc es un metal de color gris azulado, brillante y fractura cristalina en forma de hojas hexagonales. Pequeñas cantidades de hierro le comunican estructura fibrosa, y de cobre, aluminio y cadmio, estructura granulada. Densidad relativa: 7.1, aproximadamente, pues varía entre 6.85 para el fundido a 7.2 para el laminado. Punto de fusión, $419^\circ C$.; Punto de ebullición, 907° . Coeficiente de dilatación lineal a 10° es 0.000029. El cinc ordinario calentado a 150° es dúctil y maleable, disminuyendo a medida que se eleva la temperatura, y a 250° se vuelve frágil y pulveriza. A 500° arde con llama azul-verdosa deslumbradora.

A la temperatura ordinaria, el aire seco no le altera, y en el húmedo se recubre de una capa delgada de carbonato básico hidratado que le protege. No le ataca el agua pura, pero lo es enérgicamente si contiene anhídrido carbónico y amoníaco, como la de lluvia. Los ácidos y bases le atacan, lo mismo que el yeso, cemento y sus morteros.

5.5.3.4 Cinc laminado

A temperaturas de 100 - 150° el cinc se puede laminar, prensar y estirar para formar barras, chapas, y alambres, cambiando sus propiedades, teniendo una estructura de grano fino y fibrosa por verificarse una recristalización. La dureza del cinc fundido es de 38° Brinell, y 64.5 la del laminado. La resistencia a la tracción es 2 Kg./mm.² par el fundido, 19 Kg./mm.² del laminado paralelo a la fibra, y 25 Kg./mm.² del laminado perpendicular a la fibra, y 25 Kg./mm.² el perpendicular a la fibra. El alargamiento varía del 15 al 18% para el cinc laminado.

5.5.3.5 Cinc prensado

A través de una matriz agujereada se obtienen barras de grano fino, caracterizadas por una resistencia a la tracción de 17 Kg./mm.²; alargamiento de 18 a 25%; resiliencia de 0.55 a 0.85, y una dureza Brinell de 40 - 50°. El cinc prensado es flexible y maleable, y se emplea en forma de perfiles, alambres y tubos.

5.5.3.6 Aplicaciones

El cinc se emplea en construcción en forma de chapas lisas y onduladas para techumbres, canalones, tubos de bajada, limahoyas, cornisas, depósitos, etc. En moldeo se utiliza para piezas ornamentales, colándose muy fluido a temperatura no muy alta para que no sean porosas, y aleado con otros metales.

En el revestimiento de otros metales se aplica en estado líquido (galvanizado a fuego) por aspersión, vaporización (sherardización) o por electrólisis.

Forma con el cobre una aleación llamada latón, y con el aluminio, estaño, plomo, etc., forma aleaciones para cojinetes.

5.5.3.7 Formas comerciales

Chapa lisa. Se laminan chapas desde 0.1 a 2.68 mm. de espesor, comprendiendo la gama de 26 números, siendo los más usados los de 0.6 a 1.08 mm.

Chapa ondulada. Perfiles de ancho fijo de 0.85 m, 75 mm. de ronda y 30 mm. de altura, 0.74 a 1.08 milímetros de espesor; longitud variable.

Lingotes para aleaciones.

5.5.4 ESTAÑO

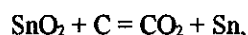
El estaño fué empleado aleado con el cobre, formando el bronce, por el hombre prehistórico, habiendo dado nombre a una edad. Los chinos le conocían con 1,000 a. de J. C.

5.5.4.1 Minerales

Raramente se encuentra nativo en los terrenos de aluvión, siendo el mineral más importante la *casiterita* SnO₂, óxido de estaño que contiene un 78.6 % de estaño e impurezas de hierro, manganeso, silicio. La pirita de estaño o *estagnina*, S₄Sn . Fe . Cu₂ contiene 27.6 % de estaño.

5.5.4.2 Obtención

El estaño se obtiene por fusión reductora en hornos de cuba, reverbero o eléctrico.



y se purifica o afina por licuación de los lingotes de 200 Kg. en hornos de reverbero y ebullición de calderas, revolviendo con madera verde, cuyos vapores agitan y exponen al aire, con lo que se logra formar una espuma con las impurezas de hierro, azufre, arseniato, etc.

5.5.4.3 Propiedades

El estaño puro es blanco brillante, tiene un peso específico relativo de 7.3. Funde a 232°C. Resistencia a la tracción, 4 Kg./mm.², y muy maleable, obteniéndose hojas de 0.025 mm. (papel de estaño), siendo la maleabilidad máxima a 100°, y a 200° se pulveriza, por adquirir una temperatura granular cristalina. Es poco dúctil y resistente, pudiéndose cortar con un cuchillo, tornarse y embota las limas. Al doblar una barra de estaño se oye un ruido peculiar llamado grito del estaño, debido al roce de los cristales entrecruzados.

A la temperatura ordinaria el estaño es muy resistente al aire húmedo y seco. A elevadas temperaturas forma el óxido de estaño, y a temperaturas inferiores a 18° se forma el estaño gris, de peso específico relativo 5.8 que se pulveriza al tocarlo, siendo un estaño alotrópico. Los ácidos y lejías le atacan, pero no lo es por los ácidos orgánicos y jugos animales, empleándose la hojalata en la industria conservera y en las vasijas de cocina.

5.5.4.4 Aplicaciones

En construcción, el estaño se emplea para recubrir interiormente los tubos de plomo destinados a las conducciones de agua potable y en forma de aleaciones con el cobre formando los bronces, y con el plomo, los de soldar y tapones fusibles.

Las *soldaduras blandas* o *blancas* se componen de partes iguales de estaño y plomo, funde a 205°, reblandeciéndose antes de solidificarse, y se denomina de hojalateros por emplearse en esa industria.

Las *soldaduras fuertes* o *amarillas* se componen de estaño, cobre y cinc, funden a 820° y se emplean para soldar el hierro, cobre y latón.

Los *tapones fusibles* son aleaciones de estaño, plomo, bismuto y cadmio; funden a 65°C.

5.5.5 ALUMINIO

Abunda mucho en la Naturaleza combinado, formando las *arcillas*; en forma de óxido hidratado, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, la bauxita y la criolita o fluoruro de aluminio y sodio, P_6AlNa_3 .

Se obtiene por electrólisis de la bauxita en criolita fundida.

5.5.5.1 Propiedades

Es un metal blanco brillante con matiz ligeramente azulado, de estructura fibrosa, blando, 2.9 de la escala de Mohs, muy ligero, densidad relativa 2.7. Punto de fusión, 658°. Es muy dúctil y maleable, pudiendo obtenerse en hilos y hojas, como el oro. Las resistencias mecánicas dependen del grado de pureza: cuanto más lo es, disminuyen la resistencia y dureza y aumenta el alargamiento. El aluminio de 99% de pureza tiene una resistencia a la tracción de 8 - 12 Kg./mm.² y un alargamiento de 20%. El laminado y recocido, 7 - 11 y 40%, respectivamente. El laminado en frío, 25 Kg./mm.² y 3% de alargamiento. El aluminio de 99.97% de pureza, laminado y recocido, tiene una resistencia de 6 Kg./mm.² y un alargamiento del 50%.

Las mejores temperaturas para laminación en caliente es alrededor de los 400°, y la de colada, 700°C.

El aluminio puede soldarse con soplete o eléctricamente, debiéndose emplear fundentes para eliminar la capa de óxido, con sales halogenadas de los metales alcalino-térreos y metal de soldar muy fluido a base de aluminio, cobre níquel, manganeso, estaño, etc., a 540 - 630°. La soldadura poco fluida no contiene aluminio, y son a base de cinc o estaño, con cadmio, plomo y bismuto a temperatura de 150 a 450°. Las soldaduras no son muy resistentes a la corrosión.

El remachado se puede hacer en frío.

El aluminio es resistentes al aire por cubrirse de una capa de óxido invisible, como un barniz que le protege, por ser muy adherente. Las aguas potables y ácidos le atacan.

El aluminio se protege con una capa de óxido obtenida por electrólisis y se puede colorear obteniéndose el *aluminio anodizado*, muy empleado en decoración.

5.5.5.2 Formas comerciales

Angulares de lados iguales desde 10 x 10 x 2 hasta 60 x 60 x 6, y de lados iguales, 10 x 20 x 2 hasta 25 x 50 x 5.

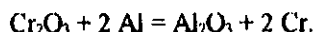
Chapas, desde 0.2 mm. hasta 5 mm., aumentando de 0.5 mm.

Alambres, desde 1 hasta 50 mm. de diámetro.

5.5.6 CROMO

No se halla libre en la Naturaleza, siendo sus principales minerales la *cromita* o hierro cromado, Cr_2O_3 , FeO , y la *crocotta* o cromato de plomo, CrO_4Pb .

Se obtiene a partir de la cromita, que por tostación da el óxido crómico, Cr_2O_3 , y reduciéndole por aluminio en polvo:



El cromo es un metal blanco azulado muy duro, inalterable al aire a la temperatura ordinaria, siendo sus aplicaciones importantes aleado con otros metales como el hierro y níquel principalmente. Con el hierro se preparan los ferrocromos en el horno eléctrico por reducción de la cromita, dando los llamados aceros inoxidable, muy empleados en la industria por su pasividad frente a los productos químicos.

La aleación del cromo con el níquel, además de formar cuerpos inoxidable presentan la característica de tener un punto de fusión muy alto, por lo que se emplean como resistencias eléctricas y termoelementos. La aleación formada por 15% de Cr, 22% de Fe y 65% de Ni funde a $1,370^\circ\text{C}$., empleándose en hornos, estufas, pirómetros, etc.

Se emplea también para proteger otros metales de la oxidación recubriéndolos por electrólisis.

5.5.7 NIQUEL

No se encuentra nativo en la Naturaleza, siendo sus minerales más importantes la *niquelina*, arseniuro de níquel, AsNi ; la *garnicrita*, silicato de níquel y magnesio, $\text{SiO}_3\text{Ni} \cdot \text{Mg} \cdot \text{H}_2\text{O}$, y la *millerita* o sulfuro de níquel, $\text{S} \cdot \text{Ni}$.

Se obtiene por tostación para el desprendimiento del azufre, obteniéndose como en el cobre la mata y refinación mediante convertidores.

Se prepara el níquel de gran pureza formando primero el níquel-carbonilo actuando el Co sobre níquel pulverizado y descomponiéndolo después a 200°C ..



El níquel es un metal blanco brillante como la plata, dúctil, maleable y muy tenaz; es magnético, no se altera al aire y es difícilmente atacable por los ácidos.

Las aplicaciones más importantes son el niquelado de otros metales, por electrólisis y sus aleaciones. Para monedas, con el cobre forma los *cuproniquel*: 25% de níquel y 75% de cobre. La aleación *alnico*, aluminio, níquel-cobalto es muy magnética, empleándose en la construcción de imanes permanentes. Las resistencias eléctricas *manganina* (4% de Ni y 84 de Cu y 12 de Mn); *constantan* (45 de Ni y 55 de Cu). El metal blanco alpaca (70% de Cu, 15% de Zn y 15 de Ni).

CAPITULO 6

POLIMEROS ORGANICOS, RESINAS SINTETICAS

6.1 INTRODUCCION

Las materias plásticas artificiales son sustancias de origen generalmente orgánico, producidas por medios químicos, capaces de adquirir forma por el calor y la presión, conservándola después y alcanzando grandes resistencias mecánicas.

También se les denomina resinas sintéticas, debido a su apariencia vítreoamorfa, después de endurecido el producto fundido, por su analogía con las resinas naturales.

Químicamente se consideran como disoluciones sólidas coloidales procedentes de productos naturales u obtenidos por síntesis mediante procesos de condensación, polimerización y asociación de moléculas de pequeña magnitud.

6.2 ESTRUCTURAS DE LOS POLIMEROS¹

Los términos sinónimos *plásticos* y *resinas sintéticas* indican polímeros altos, orgánicos, sintéticos: Los *polímeros* son compuestos en los cuales las subunidades básicas a nivel molecular son moléculas de cadena larga. La palabra *plásticos* se ha adoptado como nombre genérico para este grupo de materiales porque todos pueden moldearse en alguna etapa en su fabricación.

Los mecanismos por los cuales tiene lugar la polimerización (la formación de moléculas de cadena larga) se agrupan en dos categorías generales: adición y condensación. En la *polimerización por adición*, se agregan meros sucesivos (la unidad repetitiva más pequeña en un polímero) a las moléculas para aumentar el tamaño y peso molecular promedio. La reacción ocurre por lo general por la ruptura de los enlaces dobles entre los átomos de los monómeros y la formación, en su lugar, de dos enlaces sencillos. Por contraste, la polimerización por condensación deja un subproducto así como las moléculas crecidas de polímero. La molécula no polimerizable resultante como subproducto en las reacciones de condensación es, casi siempre, agua o alguna otra molécula simple. Los polímeros de condensación pueden ser, o no, lineales en el carácter de su estructura.

En la polimerización por adición, puede emplearse la polimerización simultánea de dos o más monómeros químicamente diferentes, para formar un polímero que contenga ambos monómeros en una cadena. Estos *copolímeros*, con frecuencia tienen características y propiedades físicas y mecánicas más deseables que cualquiera de los polímeros que se han combinado. La gama de propiedades disponibles con la copolimerización significa que el ingeniero puede obtener plásticos fabricados para requisitos específicos.

Los polímeros pueden formarse en estado amorfo o cristalino, según la disposición relativa de las moléculas de cadena larga. El estado amorfo (sin forma) se caracteriza por una disposición totalmente al azar de las moléculas. El estado cristalino en un polímero consiste en regiones cristalinas, llamadas *cristalitas*, enclavadas en una matriz amorfa.

Las regiones cristalinas ordenadas no se extienden en la totalidad de la estructura; por ello, los polímeros cristalinos difieren de los sólidos cristalinos típicos, como los metales. Hay varias características típicas de los polímeros que favorecen a no ser cristalinos: 1) las cadenas moleculares son muy largas y ramificadas; 2) los grupos laterales de átomos están dispuestos al azar a lo largo de las cadenas; 3) las cadenas de copolímeros tienen dos o más clases de meros; 4) los aditivos de bajo peso molecular, llamados *plastificantes*, tienden a separar a las cadenas principales entre sí.

La cristalización ocasiona un empaquetamiento más denso de las moléculas de los polímeros y aumenta las fuerzas intermoleculares. Los polímeros resultantes tienen más resistencia y rigidez y un punto de reblandecimiento más alto que los polímeros amorfos de la misma estructura química y peso molecular.

El comportamiento mecánico de los plásticos se afecta mucho por la estructura interna del polímero. Los monómeros con dos sitios de reacción, llamados *bifuncionales*, tienden a producir polímeros lineales. En

¹ Según referencia No. 12.

esas estructuras lineales, sólo las fuerzas de van der Waals mantienen juntas las cadenas adyacentes; por ello, puede ocurrir deslizamiento entre las moléculas. Otras moléculas con tres o cuatro sitios de reacción (trifuncionales o tetrafuncionales) tienden a formar polímeros de red o de estructura. El deslizamiento no ocurre con tanta facilidad en la estructura con enlace tridimensional como en los polímeros lineales.

6.3 CLASIFICACION

Las materias plásticas se clasifican de varias formas: por su origen químico, empleo, etc.; pero la generalmente adoptada es la que establece los grupos termoestables y termoplásticos.

Cada grupo comprende un cierto número de sustancias distintas, con propiedades y usos particulares, pudiendo hacerse variar mediante procesos de fabricación y ser transparentes, opacas, rígidas o elásticas. Todas tienen un factor común, que en las termoestables es que, una vez elaborada por calor y presión, permanece rígida e inalterable, y sólo se puede cambiar de forma a los objetos fabricados mediante operaciones mecánicas de aserrado, cortado, taladrado, etc. El grupo termoplástico presenta la propiedad común de poder cambiar de forma por el calor y la presión, una vez fabricadas, sin que se varíe su composición química, pudiendo los recortes volverse a utilizar y trabajar por flexión, torsión, etc., como el celuloide.

6.4 PRINCIPALES TERMO-PLASTICOS

Comprende las materias plásticas o resinas sintéticas que se reblandecen por el calor, pudiendo volver a moldearse nuevamente cuantas veces se quiera, sin que se modifique o varíe el material, como, por ejemplo, el celuloide. Se incluyen los plásticos derivados de la celulosa, resinas acrílicas, vinílicas, materias plásticas de proteínas y algunas otras, como el micalex.

6.4.1 CELULOIDE²

Obtenido a partir de la celulosa de madera o de algodón, se prepara amasando nitrocelulosa, alcanfor, alcohol y pigmentos orgánicos para darle color, comunicando la forma por medio de laminadores o prensas.

El celuloide es un cuerpo poco denso (densidad relativa 1.3), ligeramente amarillo y transparente, en lámina de pequeño espesor, duro y elástico. Se ablanda a 40° y es plástico de 80 a 130°, pudiéndose pegar a sí mismo. A 140° arde como llama fuliginosa. Es insoluble en agua y soluble en acetona, ácido acético, éter sulfúrico, etc., y resistente en frío a los agentes químicos.

El celuloide tiene el grave inconveniente de ser inflamable y de cambiar de color, por lo que se le sustituye por celón, obtenido con acetato de celulosa y fosfato de tricresilo, que es más blando y menos elástico y combustible. Se emplea para sustituir al vidrio y asociado con él, en la fabricación de los vidrios de seguridad Triplex.

De la celulosa se obtiene también: el pergamino vegetal, sumergiendo hojas de papel de celulosa en ácido sulfúrico, y una vez lavado y seco, se forma una lámina córnea, transparente y resistente: la fibra vulcanizada se prepara tratando fibras de celulosa con disolución de cloruro de cinc al 70% y haciéndolas pasar después por calandrias (cilindros o laminadores calentados interiormente) se obtienen hojas o láminas muy resistentes al desgaste, flexión y aislantes.

Se pueden trabajar en frío, mecánicamente, como la madera: cortar, limar, taladrar, etc., pero se necesita, como para todas las materias plásticas, útiles de aceros especiales duros y máquinas de cierta velocidad y paso.

6.4.2 ACETATO DE CELULOSA²

Preparado análogamente al celuloide al tratar la celulosa por ácido y anhídrido acético, obteniéndose un producto transparente, pero que puede colorearse por la adición de varias cargas y pigmentos. Es blando, por lo que puede moldearse muy bien; no es inflamable, aunque arde con dificultad al aproximarle una llama. Es resistente a los aceites, ácidos y sales diluidas. Se emplea en la fabricación de molduras arquitectónicas y en las aplicaciones de luz fluorescente en luminotecnia. Se utiliza mucho en la pintura llamada "a la celulosa o duco"

² Según referencia No. 15.

en forma de suspensiones coloidales en líquidos muy volátiles, juntamente con plastificantes y pigmentos, los que le comunican brillo, dureza, color y flexibilidad, y aplicándose, generalmente, con aerógrafo o pistola.

6.4.3 EBONITA³

Esta materia plástica se fabrica vulcanizando el caucho con azufre en gran proporción, 30 - 50%, añadiendo materias de relleno, calentando a 100° durante largo tiempo, y, finalmente, a 150° y presión de 4 - 5 atmósferas.

La ebonita es dura, elástica, muy plástica en caliente, y puede trabajar en frío análogamente a la madera. Insoluble en agua, resistente a los álcalis, pero no a los ácidos en caliente. Se disuelve en benceno y tetracloruro de carbono. El calor no le altera hasta 150°C, en que se reblandece, y funde a 300°. Es inalterable al aire, pero la luz solar le altera, a la larga, por oxidarse el azufre. El color suele ser negro por emplearse un caucho de ese color, y por eso deriva su nombre de ebonny (ébano). Se utiliza preferentemente la ebonita en electrotecnia como aislante en la fabricación de agarradores, mangos, aparatos telefónicos, etc.

Con el caucho se fabrican, además, otros productos de gran uso, como: la goma, cuando se vulcaniza con poco azufre, 2 - 4% en caliente, y en frío, en disolventes, caracterizada por su impermeabilidad, elasticidad y gran poder aislante eléctrico; el termopreno, desintegrando el caucho con ácidos sulfónicos aromáticos, se obtiene un producto soluble en los hidrocarburos bencénicos, utilizado para impermeabilizar y proteger superficies a los agentes químicos alcalinos; la tornesita o caucho clorado, soluble también en los hidrocarburos bencénicos, se utiliza como pinturas protectoras resistentes a los ácidos, álcalis y oxidantes, por lo que se emplea para recubrir los tubos de hierro enterrados y como protector del concreto a los agentes químicos.

6.4.4 RESINAS ACRILICAS³

En forma de hojas grandes y transparentes se utilizan en ventanas y "burbujas" en los aviones, en muchas aplicaciones en automóviles y camiones y en los edificios. Aunque no son tan duras como el vidrio, las acrílicas tienen la calidad y transparencia perfectas. Son las más resistentes, entre todos los plásticos transparentes, a la luz solar y a la intemperie y poseen una combinación óptima de flexibilidad y rigidez así como resistencia al astillamiento. Pueden producirse en una gran variedad de colores transparentes, traslúcidos y opacos. Las láminas acrílicas se pueden conformar con facilidad en formas muy complejas.

Se utilizan para aplicaciones como ventanas transparentes, rótulos interiores y exteriores, partes de artefactos para alumbrado, piezas decorativas y funcionales en automóviles y autobuses, reflectores, partes y artefactos domésticos y otras similares.

6.4.5 RESINAS VINICOLAS³

Se preparan por la acción de los ácidos clorhídrico y acético sobre el acetileno, y por polimerización se obtienen los cloruros o acetatos de polivinilo, productos de gran elasticidad o rigidez, resistentes a los productos químicos, por lo que su aplicación más importante es la de tuberías, al poderse soldar, doblar, estirar, etc., análogamente a las metálicas, pesando la cuarta parte que las de hierro, y al ser transparentes, permiten ver el desplazamiento de los líquidos. Otra aplicación muy importante es como aislante de la electricidad. Las fibras encuentran una gran aplicación en la fabricación de tejidos resistentes al desgaste, como las tapicerías, cortinajes, etc.

6.4.6 POLIESTIRENO³

Se obtiene a partir del etileno y del benceno, procedentes del carbón o petróleo, obteniéndose una materia plástica de pequeña densidad, impermeable, no inflamable, de gran índice de refracción con un aparato que aprecie centésimas de milímetro. Posee la propiedad de producir la reflexión total, por lo que permite su empleo en iluminaciones de techos, fabricándose también tejas y baldosas transparentes o coloreadas.

³ Según referencia No. 15.

6.4.7 FLUORURO DE POLIVINILO⁴

Posee gran parte de las cualidades de ser inerte a los productos químicos y al ataque de la intemperie, típica de los fluorocarbonatos. Entre otros usos, se utiliza como película de revestimiento de tableros de edificios que estarán expuestos a la intemperie.

6.4.8 RESINAS DE FORMAL POLIVINILO⁴

Tienen uso principal como base para un tenaz esmalte aislante, impermeable para alambre eléctricos. El *polivil-butiral* es la capa tenaz intermedia en los cristales de seguridad. En su forma de enlace cruzado y plastificada, el polivinil butiral tiene un uso extenso para recubrir telas para impermeables, tapicerías y para otras aplicaciones de trabajo pesado, resistentes a la humedad.

6.4.9 POLIETILENO⁵

En su forma sin modificar, es un plástico flexible, ceroso, translúcido, que mantiene su flexibilidad a temperaturas muy bajas, al contrario de muchos otros minerales termoplásticos. A diferencia de los plásticos, el polietileno es parcialmente cristalino. Es inerte a los disolventes y productos químicos corrosivos de todas clases a las temperaturas normales. El polietileno tiene amplio uso como material aislante primario para alambres y cables y se utiliza como sustituto del forro de plomo de cables para comunicaciones y de otros tipos. También tiene mucho uso, en forma de película flexible, para empacar, en especial los alimentos y como recubrimiento anticorrosivo para alambres y otros equipos para productos químicos.

Uno de los usos más importantes del polietileno es en la fabricación de tuberías de resinas de polietileno existiendo tres tipos: El tipo I de poca densidad, produce el tubo más flexible y su resistencia es muy baja; el tipo II, es menos flexible que el tipo I, pero su resistencia es mayor; y el tipo III, tiene una gran resistencia mecánica pero es de muy poca flexibilidad.

Las resistencias de la tubería de polietileno son las siguientes:

Tipo I - 28 Kg./cm.²

Tipo II - 35 “

Tipo III - 44 “

La tubería de polietileno se usa más para conducción de agua que para cualquier otro uso. Se recomienda usarlo para presiones y temperaturas moderadas.

A continuación se describen algunas de las características principales de las tuberías de polietileno:

Durabilidad

Se ha comprobado que bajo condiciones severas, la tubería de polietileno dura más de 15 años, según sea su fabricación (mano de obra, tipo y calidad de tuberías, y condiciones de servicio).

El tubo de polietileno puede usarse entre temperaturas de -30°C a +50°C. La acción solar afecta la tubería por lo que debe protegerse.

Resistencia

La tubería de polietileno tiene una resistencia baja con respecto a los demás materiales termo-plásticos.

Habitabilidad y confort

La tubería plástica no produce efectos perjudiciales de olor, sabor o color sobre el agua, no es corrosiva y es altamente resistente a la acción de agentes químicos. No forma depósitos o tuberculaciones por lo que se considera favorable a las condiciones de habitabilidad y confort de las viviendas.

⁴ Según referencia No. 15.

⁵ Según referencia No. 18.

Facilidad de uso

Los tubos de polietileno pueden unirse por fusión o con conexiones de inserciones dentadas de material plástico, los cuales se apretarán con abrazaderas de acero inoxidable. No puede ser unido por solventes ni roscado. Pueden cortarse con sierra o cuchillo. Puede tener un coeficiente de expansión térmica apreciable (8 cm. por cada 100 m. de tubería), se debe colocar en la zanja siguiendo una forma sinuosa.

Solamente debe usarse agua para lubricar el tubo y en sus conexiones al hacer las instalaciones, no se recomienda usar lubricantes de tubería, aceites o detergentes. Para unir la tubería de polietileno con otros materiales, debe hacerse utilizando adaptadores de inserción especiales, dentados en el extremo.

La profundidad máxima a que puede enterrarse el tubo de polietileno es de: 2.5 m. para tubería de 5 Kg./cm.², y 4 m. para tubería de 7 Kg./cm.². La excavación debe tener un fondo liso, sin rocas u otros materiales duros y ser ancha para el tendido del tubo. El relleno debe hacerse con materiales sin partículas mayores de ½" de diámetro, apisonados manualmente hasta 15 cm. arriba del lomo de la tubería, arriba de este nivel ya puede colocarse cualquier tipo de material y usarse compactación mecánica.

Cuando la tubería está instalada, debe hacerse circular por ella, agua fría a fin de limpiarla. Después de aplicarse una presión de 150% de la presión de trabajo durante 30 minutos, es posible que existan fugas pero éstas deben ser mínimas (24 litros por pulgada de diámetro/kilómetro en 24 horas).

6.4.10 CLORURO DE POLIVINILO⁶

El cloruro de polivinilo es de naturaleza dura y rígida, pero puede plastificarse para darle cualquier grado requerido de flexibilidad, por ejemplo, para impermeables y cortinas para cuartos de regaderas. Los plásticos no rígidos de vinilo tienen amplio uso como aislantes y forros para alambres y cables eléctricos debido a sus propiedades eléctricas y a su resistencia al aceite y agua. Los cloruros de vinilo se utilizan en forma de losetas para pisos y en hojas por su resistencia a la abrasión y su baja absorción de agua. Los materiales rígidos se emplean para tubería para conducción de agua potable y agua servida, y muchas otras aplicaciones en que se requiere resistencia a la corrosión y a la acción de muchos productos químicos, en especial ácidos y álcalis.

Entre los productos más importantes que se fabrican a partir del cloruro de polivinilo se encuentra la tubería de polivinilo (PVC y CPVC) siendo sus características principales las siguientes:

Durabilidad

La tubería de polivinilo dura 25 años o más, bajo un efecto destructivo temporal normal, siempre que se llenen los requisitos de construcción. No es afectada por las condiciones meteorológicas y es extremadamente resistente al ataque de sustancias químicas, no es inflamable y resiste a la combustión, no es magnético ni produce chispas eléctricas, además no se oxida ni deteriora en suelos ácidos o alcalinos muy severos.

Resistencia

Su resistencia mecánica es muy buena (70 a 140 Kg./cm.²).

Habitabilidad y Confort

La tubería PVC puede conducir fluidos cuya temperatura varíe entre 4 grados y 70 grados centígrados. Para la tubería CPVC se puede llegar hasta 82 grados centígrados.

Facilidad de uso

Los tubos PVC se fabrican en largos de 6 metros y diámetros que van de ½" hasta 8", pudiéndose unir por soldadura por fusión, soldadura con solventes o por medio de roscas, si el espesor de las paredes lo permite. Puede cortarse con sierra fácilmente y cuando se unen superficies con solventes o pegamento deberán limpiarse con un paño húmedo, con solventes de grasas, para lograr mejor contacto entre tubo y cementante.

Debido a las grandes expansiones o contracciones que se producen por temperatura, se pueden usar uniones tipo Dresser o uniones tipo pistón. En las uniones roscadas pueden usarse compuestos selladores que no

⁶ Según referencia No. 18.

endurecen para disminuir la posibilidad de fugas, estas juntas serán apretadas manualmente y para la última vuelta se usará una llave de correa especial.

Unión con tubería de otros materiales

Se realiza mediante : Acoplamientos tipo VICTAULIC; Adaptadores plásticos roscados; Uniones tipo Dresser; Abrasaderas de tipos Mueller, Skinner, Adams, etc.

Excavación

La excavación debe llenar los mismos requisitos que para tubería de polietileno, con la única diferencia de que el tendido en la zanja puede ser recto o sinuoso, se recomienda fijar la tubería con sabieta cada 25 metros para evitar que se doble. Cuando la tubería ya se encuentra instalada, antes de llenar la zanja debe hacerse un ensayo de presión al sistema como se indicó con la tubería de polietileno.

Manipuleo

La tubería de polivinilo se consigue en largos de 6 metros solamente, es más pesado que el polietileno y menos flexible, pesando más o menos la quinta parte de lo que pesa la tubería de hierro galvanizado.

Almacenamiento

La tubería de polivinilo se ablanda con el éter, acetona e hidrocarburos clorados. Debe colocarse sobre soporte continuo para que no se deforme y sus accesorios deben almacenarse en gavetas y no deben mezclarse con accesorios metálicos ni con otras resinas termoplásticas. En el cuadro No. 6.1 del apéndice se incluyen las principales propiedades de la tubería de polivinilo, según las normas ASTM.

6.4.11 POLIPROPILENO⁷

Es similar en muchos aspectos al polietileno, pero suele ser más duro, fuerte y resistente a la temperatura. Tiene muchos usos, como cisternas para suministrar agua a inodoros, en construcciones suburbanas.

6.4.12 NYLON⁷

En su forma moldeada, se utiliza en cantidades crecientes por su alta resistencia a los impactos y a la abrasión. Se emplea en engranes pequeños, excéntricas y otras partes de máquinas, porque aunque no tenga lubricación, el nylon tiene alta resistencia al desgaste.

6.4.13 ACRILONITRILO-BUTADIENO-ESTIRENO (ABS)⁸

El acrilonitrilo y el estireno líquidos, y el gas butadieno se polimerizan conjuntamente en una diversidad de proporciones para producir tipos de resinas ABS.

Su resistencia en tubos es la siguiente:

<u>Tipo</u>	<u>Grado</u>	<u>Resistencia en Kg./cm.²</u>
I	1	44
I	2	70
II	1	100
I	3	112

Para este tipo de tubería se recomienda que la velocidad del líquido a través de la misma sea la más baja posible.

⁷ Según referencia No. 15.

⁸ Según referencia No. 18.

Entre sus principales características se tienen las siguientes:

Habitabilidad y Confort

Las mismas características que la tuberías PVC, por lo que produce buenas condiciones de habitabilidad y confort.

Colocación

Los tubos ABS existen en largos de 6 m. y pueden unirse con conexiones roscadas o por soldaduras con solvente. Pueden doblarse para salvar obstáculos o para elevarse en una línea de conducción de la tubería principal a la línea domiciliar. Puede cortarse con sierra y sus uniones pueden ser del tipo Dresser, de Pistón o en Rótulas. Para uniones de rosca se usan selladores que no endurecen o cinta de teflón, apretándose a mano hasta la última media vuelta donde se usa una llave de correa.

Uniones con tubería de otros materiales, Excavación y Almacenamiento

Se realizan atendiendo a los requisitos de las tuberías de polivinilo.

6.5 PRINCIPALES TERMO-ESTABLES⁹

Los materiales Termo-estables o Termoendurecibles pueden ser blandos de origen o se reblandecen de inmediato al calentarlos; pero al calentarlos todavía más se endurecen en forma permanente. La estructuración final y continua de las resinas termoendurecibles se puede desarrollar por mecanismos de polimerización por condensación o pueden endurecerse por la formación de enlaces primarios entre las cadenas moleculares cuando se aplica energía térmica. La conclusión de la polimerización, que se acelera a temperaturas elevadas, les da dureza permanente a las resinas termo-estables. En general, los plásticos termoendurecibles son más fuertes que las resinas termoplásticas, en especial a temperaturas elevadas

6.5.1 FENOLFORMALDEHIDOS

Constituyen la variedad más grande de artículos de plástico termoendurecible moldeados. Se utilizan para aplicaciones en la química, decorativas, eléctricas, mecánicas y térmicas de todas clases. Como son duros y rígidos, cambian muy poco, si acaso, al envejecer bajo techo; pero a la intemperie pierden su brillo de superficie. No obstante, las características por exposición a la intemperie de las fórmulas más duraderas, suelen ser buenas. Los fenolformaldehidos tienen buenas propiedades eléctricas, no se queman con facilidad y no sostienen la combustión. Son fuertes, ligeros de peso y agradables a la vista y al tacto. En general, no pueden obtenerse en colores claros, debido al color café oscuro básico de la resina. Tienen baja absorción de agua y buena resistencia al ataque de los productos químicos más comunes.

6.5.2 RESINAS DE FURANO

Son similares a las fenólicas en muchos aspectos. Son tenaces y durables, tienen muchos usos industriales, como moldes grandes llenos con agregado para conformar metales ligeros.

6.5.3 FENOLICAS PARA VACIADO

Se utilizaron alguna vez en grandes cantidades para piezas de colores intensos; pero en la actualidad su uso principal es en aplicaciones industriales, que incluyen moldes.

6.5.4 RESINAS EPOXI Y POLIESTER PARA VACIADOS

Se utilizan para una gran variedad de propósitos. Por ejemplo, las piezas electrónicas con componentes delicados, a veces, se vacían por completo con estos materiales para darles apoyo y resistencia completos y continuos a los choques térmicos y mecánicos. Algunas variedades se deben curar a temperaturas elevadas; otras, pueden formularse y curar a la temperatura ambiente. Uno de los atributos más notables de las epoxi es su excelente adherencia en una gran variedad de materiales incluso en metales como cobre, latón, acero y aluminio.

⁹ Según referencia No. 15.

6.5.5 MATERIALES POLIESTER PARA MOLDEO

Cuando están compuestos con fibras (en especial fibra de vidrio) o con diversos llenadores minerales (arcilla) pueden formularse en mastiques o premezclados que se moldean con facilidad por compresión o transferencia para producir piezas de alta resistencia al impacto.

6.5.6 MATERIALES DE MELAMINA FORMALDEHIDO

No se afectan con los disolventes orgánicos normales, grasas, aceite o la mayoría de los ácidos y álcalis débiles. Su absorción de agua es baja. Son insensibles al calor y muy resistentes a las llamas, según el llenador. Sus propiedades eléctricas son muy buenas. Los materiales sin llenador son muy traslúcidos y tienen posibilidades ilimitadas para agregarles colores. Los llenadores principales son la celulosa alfa para compuestos de usos generales; minerales para mejorar sus propiedades eléctricas, en particular a temperaturas elevadas; tela recortada para darles alta resistencia a los choques y resistencia a la flexión; celulosa, casi siempre para aplicaciones eléctricas.

6.5.7 ALQUIDICAS

Por lo general se combinan con llenadores minerales o de vidrio, este último para darles gran resistencia a los impactos. La extrema rapidez y lo completo de su curado permiten la producción acelerada de grandes números de piezas con unos cuantos moldes. Como sus propiedades eléctricas, en especial la resistencia a la formación de arcos son buenas, muchas aplicaciones para artículos moldeados con alquidicas son en aparatos eléctricos.

6.5.8 UREA FORMALDEHIDOS

Igual que las melaminas, ofrecen traslucidez ilimitada y posibilidad de darles colores opacos, firmeza contra la luz, buenas propiedades mecánicas y eléctricas y resistencia a los disolventes orgánicos y ácidos y a los álcalis suaves. Aunque no ocurre hinchazón o cambio en la apariencia, la absorción de agua de los urea-formaldehidos es bastante alta; por ello no se recomiendan para aplicaciones que implican exposición larga al agua. Una exposición ocasional al agua no tiene efectos nocivos. Las propiedades de resistencia son buenas.

6.5.9 SILICONAS

Al contrario de otros plásticos tienen base de silicio en vez de carbono. Por ello, su inactividad y durabilidad en una amplia variedad de condiciones, son notables. En comparación con las fenólicas, sus propiedades mecánicas son malas por lo que se les agregan fibras de vidrio. El moldeo es más difícil que con otros materiales termoendurecibles. Al contrario de la mayoría de las resinas, pueden utilizarse en funcionamiento continuo a 200°C; tienen muy poca absorción de agua; sus propiedades dieléctricas son excelentes en presencia del ataque de muchos productos químicos; en trabajo a la intemperie su durabilidad es extraordinaria. En soluciones con líquidos, las siliconas se utilizan para dar resistencia contra la humedad en los muros de mamposterías y sillares. También forman la base de muchas pinturas y otros revestimientos capaces de mantener la flexibilidad y la inactividad al ataque a altas temperaturas, en presencia de luz ultravioleta y ozono. El hule de siliconas mantiene su flexibilidad a temperaturas mucho más bajas que otros hules (cauchos).

CAPITULO 7

MATERIALES AGLOMERADOS

7.1 INTRODUCCION

Son piedras artificiales obtenidas mezclando diversos productos con un aglomerante y amasados convenientemente, se les da la forma y la textura deseadas utilizando moldes y prensas; y adquieren el estado sólido por las reacciones fisicoquímicas del fraguado.

Según sea la naturaleza del aglomerante se pueden clasificar en aglomerados de arcilla, de cal, magnésicos y de cemento.

En este capítulo se incluyen los productos derivados del cemento y de la arcilla.

7.2 PRODUCTOS CERAMICOS

La palabra cerámica se aplica normalmente a los productos hechos de arcilla. Se llama arcilla en general a toda tierra que forma una pasta al mezclarla con una cantidad adecuada de agua y que se endurece al cocerla. La mayoría de las arcillas se componen de sílice y alúmina, siendo los caolines sus formas más puras. En la construcción actual, las arcillas y tierras arcillosas (barro), se utilizan para obtener productos tales como: baldosas de cerámica, tejas, ladrillos, etc.

7.2.1 BALDOSAS DE CERAMICA¹

Las baldosas para revestimientos de paredes y para pisos decorativos se forman prensando calidades superiores de arcilla después de mezclarlas con pedernal, feldespato y (especialmente en el caso de las baldosas para revestimiento de paredes) con talco.

Producción:

La producción de baldosas de cerámica, como la de cualquier otro artículo de cerámica, pasa por varias fases críticas que determinan el carácter del producto final. La mezcla que se suele utilizar consta principalmente de arcilla, pedernal y feldespato, sirviendo cada uno de estos productos para una finalidad específica. El caolín o arcilla de China da un color más blanco, mientras que el pedernal se añade para reducir la contracción que tiene lugar durante el secado y la cocción. El feldespato facilita la cocción a temperaturas moderadas.

Las cantidades de materias primas utilizadas varían según las características físicas específicas que se requieren en las baldosas terminadas. La técnica del ceramista radica en gran medida en la proporción de las materias primas puestas en la hornada. Las fórmulas suponen una cuidadosa selección de las arcillas y otras materias primas que dan las características deseadas y responden al tratamiento por el calor, lo que permite obtener el carácter y las propiedades que se buscan en el producto acabado. Se da a la masa así formada la forma de baldosas (después de un proceso de secado que le da el contenido justo de humedad) mediante la técnica de prensado, de extrusión o una combinación de estos dos métodos.

Una vez formadas las baldosas, las que han de ser esmaltadas mediante la técnica de la cocción simple, se recubren con una mezcla que se funde al cocerse para formar una capa brillante e impermeable en la cara exterior de la baldosa. En el proceso de doble cocción, la primera cocción se hace sin esmalte, y la baldosa así obtenida ("bizcocho") recibe entonces la mezcla del esmalte en diversas formas y colores, tras lo cual se cuece una segunda vez. Las variaciones de temperatura propias de la mayoría de los hornos hacen inevitables las variaciones en el color y el matiz.

Formas comerciales:

Se encuentran en una gran variedad de colores y tamaños, pudiendo utilizarse como azulejos para recubrimiento de paredes en baños, como pisos decorativos y también como mosaicos con dimensiones muy pequeñas.

¹ Según referencia No. 4.

7.2.2 LADRILLOS²

Los ladrillos de barro cocido son prismas que pueden manejarse con una sola mano. Es uno de los productos más usados en la construcción de muros de carga o simples tabiques.

Los ladrillos obtenidos poseen diversidad de formas, siendo los más comunes:

- a) *Ladrillo Perforado*: Ladrillo con agujeros que ocupan del 5 al 33% del área total.
- b) *Ladrillo Hueco*: Ladrillo con agujeros que exceden el 33% del área total.
- c) *Ladrillo Maciso*: (o Tayuyo) ladrillo sin agujeros (sólido).
- d) *Bloques de barro cocido, viguetas, etc.*

La materia prima para la fabricación de ladrillo es la arcilla con ciertas propiedades tales como, plasticidad, absorción de agua, capacidad de aglutinamiento, poca contracción al secado y buen comportamiento al proceso de cocción.

La fabricación de los ladrillos de barro cocido, comprende cuatro etapas a saber:

a) *Extracción de la materia prima*: Consiste en limpiar el terreno de grama, arbustos y materia orgánica, luego extraer la arcilla con palas y transportarla en vagonetas lo más cercano a las máquinas moldeadoras o al lugar del moldeo.

b) *Moldeo*: Puede ser realizado a mano o con máquina, consistiendo en agregarle agua al material y fabricar una masa plástica que es colocada en los moldes.

Cuando la operación del moldeo se realiza a máquina, éstas pueden fabricar el producto por medio de galleteras, prensas al vacío o de prensado en seco.

De estas prensas, los prismas salen en forma continua y son cortados en la longitud especificada.

c) *Secado*: Su objetivo es eliminar parte del agua que contiene la arcilla después del moldeo y facilitar el proceso de cocción.

El uso de secaderos para este proceso pueden ser al aire libre, bajo techo o con corriente de aire caliente derivado de la combustión.

d) *Cocción*: Este proceso consiste en cocer la arcilla para obtener dureza y resistencia a la acción de la intemperie, ácidos, vapores, etc.

Después del proceso de cocción, la arcilla ya no se disuelve en el agua y pierde su plasticidad; las temperaturas de cocción son de 1,000 a 2,500°C que efectúan en la arcilla transformaciones químicas y físicas dando al final un producto fuerte y de color amarillo-rojo.

Los ensayos que se realizan en los ladrillos para determinar su calidad, son los siguientes:

- 1) Estabilidad dimensional
- 2) Resistencia: flexión y compresión
- 3) Absorción
- 4) Succión
- 5) Eflorescencia

En el cuadro 7.1 del apéndice se muestran los requisitos físico-mecánicos para ladrillos de barro cocido.

7.2.3 TEJAS²

Constituyen otro material que se fabrica para la construcción, siendo placas de arcilla cocida de determinado espesor y formas muy diversas, las cuales son usadas como material de cubierta en techos.

² Según referencia No. 18.

La teja es de origen tan antiguo como el propio ladrillo. La más usada en Guatemala es la teja española que tiene forma tronco-cónica, colocándose alternativamente con la cavidad hacia abajo y hacia arriba.

Al colocar la teja con la cavidad hacia arriba (canal) se tapa la junta de yuxtaposición de cada dos de ellas con otro elemento idéntico (cobija) con la concavidad hacia abajo.

Para una colocación adecuada, se estima de 30 a 32 tejas por metro cuadrado de superficie cubierta.

El peso de cada teja es de 2 kilogramos por lo que cada metro cuadrado pesa 60 - 64 kilogramos.

Los materiales empleados en la fabricación de teja deben tener las mismas características del ladrillo.

En Guatemala, la fabricación de la teja es rudimentaria: la arcilla se amasa y se coloca en moldes dejándola secar para después someterla al proceso de cocción.

Las dimensiones de la teja en Guatemala son aproximadamente, las siguientes:

- Longitud: 41 a 51 cm.

- Ancho mayor: 18 cm.

- Ancho menor: 13 cm.

Sus características físicas son las siguientes:

- Resistencia a la flexión: 50 Kg. (Carga central)

- Resistencia al Impacto: 8 cm. de altura para un peso de 5 Kg.

- Absorción: 16% mínimo.

7.2.4 ADOBES³

Los adobes son piezas moldeadas de barro sin cocer, de dimensiones variables (generalmente de 40 x 30 x 10 cm.) constituyendo un producto de regular calidad por su escasa resistencia y poca durabilidad.

Los materiales que se utilizan para la fabricación de los adobes deben ser barros con cierta cantidad de arena (barros con mucha arcilla pueden producir cuarteaduras o reventaduras, y barros con mucha arena pueden dar adobes fácilmente desmoronables).

Deben ser barros sin piedras, basura o residuos vegetales, considerándose como buen material aquel que cuando se mezcla con agua produce un producto que puede alargarse en una cinta de 10 cm.

La fabricación de los adobes es tradicionalmente conocida: consiste en agregar agua y fibras (paja, crines, bagazo de caña) para producir una masa plástica que se deja reposar durante 2 días, después de los cuales previo a un amasado inicial se coloca en moldes de madera humedecidos y polvoreados con arena o polvo de ladrillo para evitar que los adobes se adhieran al molde.

Especificaciones:

Resistencia a compresión: 5 - 8 Kg/cm.²

Resistencia a flexión: 1 Kg./cm.² (Aproximadamente)

Tolerancia en medidas: 1 cm. (máximo)

Inmersión en agua: No desintegrarse después de 6 horas de inmersión en agua.

7.2.5 OTROS PRODUCTOS

Se fabrican otros productos tales como fachaletas, baldosas, etc., con el mismo procedimiento de los ladrillos de barro cocido.

³ Según referencia No. 18.

7.3 PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO

Con el cemento se puede fabricar toda clase de elementos constructivos: bloques, pisos, tubos, etc.

Generalmente se emplea el cemento Portland, a veces los aluminosos, y para los tonos claros y de color, los cementos blancos. La naturaleza de los áridos varía según se quiera obtener mayor o menor densidad, dureza, resistencia al fuego, etc.

Al principio se utilizaban morteros y concreto fluido para verterlos por colada, o secos para comprimirlos a mano o a máquina; pero hoy día, con los procedimientos modernos de vibración, se prefiere la consistencia seca por resultar los objetos más compactos e impermeables.

Los moldes, generalmente, se emplean metálicos, estancos y pulimentados o no y convenientemente enjabonados o engrasados, para que no se adhieran y sean de fácil desmolde. Se hacen de yeso cuando se fabrican molduras o esculturas.

El desencofrado, empleando concreto de consistencia blanda o fluida no puede hacerse hasta los dos o tres días en que se haya endurecido algo, necesitándose un gran número de moldes. Con la consistencia seca vibrada, se hace inmediatamente después de moldeados.

La conservación de los aglomerados de cemento debe hacerse en ambiente húmedo, y algunos incluso debajo del agua.

7.3.1 BLOQUES DE CEMENTO⁴

Cuando se trata de construir un edificio, el constructor puede valerse de bloques a base de cemento los cuales sirven para llenar los espacios dejados por los marcos estructurales. O aprovechar los huecos del bloque para construir columnas a base de pines.

Estos bloques pueden fabricarse con acabados para fachadas; con formas especiales para las esquinas, sillares, dinteles, etc.; y con colores más recientes.

7.3.1.1 Fabricación

Los bloques pueden fabricarse a base de morteros o concretos y sus agregados pueden ser agregados normales: (arena de río y pedrín pequeño) o bien agregados livianos. En Guatemala se fabrican con un material liviano que abunda en el Sur y Sur-oriente de la ciudad y que recibe el nombre de: arena pómez. En realidad lo que se persigue en la construcción de los bloques es disminuir el peso en las construcciones y si son materiales livianos se obtiene mayor facilidad de operación.

El mortero que se emplea en la fabricación de bloques varía desde consistencia seca hasta fluida, o varían según el procedimiento de llenado.

7.3.1.2 Procedimiento de fabricación

El moldeo de bloques se hace por fundición de los mismos, la consistencia del mortero debe ser plástica o fluida para facilitar la operación de llenado a mano.

Cuando el moldeo se hace por compresión directa, las mezclas son secas y deben ser apisonadas fuertemente con pisón de mano o con máquina especial.

Si el moldeo se hace por vibración, la mezcla debe ser seca para obtener una buena compactación.

7.3.1.3 Requisitos de los bloques de cemento

Los bloques que se emplean en la construcción deben tener características físicas especiales para que cumplan a cabalidad el papel que desempeñan en la misma. En el cuadro 7.2 del apéndice se muestran los requisitos mínimos para bloques de cemento.

⁴ Según referencia No. 18.

7.3.2 TUBERIA DE CONCRETO⁵

Se construyen mediante mezclas de concreto con proporciones que varían según la resistencia requerida. Existen dos clases de tubos: los de concreto simple y los de concreto reforzado, sus usos dependen de las condiciones de trabajo y requerimientos de diseño.

7.3.2.1 Fabricación

El concreto fresco es colocado en los moldes: algunas veces la mezcla es comprimida contra las paredes del mismo molde por medio de un cilindro giratorio que sube lentamente, y en otras ocasiones, la mezcla se compacta con mazo manual. Los tubos con sus moldes se colocan en lugar adecuado donde se les quita el molde inmediatamente y se dejan durante 7 días en proceso de curado húmedo.

Los tubos de concreto reforzado se fabrican en moldes con vibradores externos colocados en la formaleta y se dejan estar un tiempo de 18 horas, después de las cuales son removidos de los moldes.

7.3.2.2 Características físicas y mecánicas

Las consideraciones más importantes para la construcción de tubería de concreto son: uniformidad en las dimensiones; deberá lograrse la mayor impermeabilidad posible; debe tener poca absorción y cumplir con los requisitos de resistencia.

En los cuadros Nos. 7.3 y 7.4 del apéndice se muestran los requisitos para tubería de concreto sin refuerzo y con refuerzo respectivamente.

7.3.3 BALDOSAS O PISOS DE CEMENTO⁵

Las baldosas de cemento son ladrillos cuadrados planos que se utilizan para revestimientos superiores de un suelo, en interiores de edificios; cuando se emplea para revestimiento de suelo en exteriores, recibe el nombre de terrazo.

Las baldosas de cemento deben ser:

- a) Resistentes a compresión
- b) Resistentes al desgaste
- c) Resistentes a los agentes atmosféricos
- d) Durables
- e) Impermeables e higiénicas.

7.3.3.1 Fabricación

El proceso de fabricación de baldosas en Guatemala no ha variado mucho en los últimos años; es muy corriente encontrar el sistema de prensa de tornillo, siendo el método más difundido en el medio.

Existe otro sistema de fabricación por medio de prensas hidráulicas que no altera el comportamiento físico de la baldosa.

7.3.3.2 Construcción de la baldosa

a) *La Capa Base*: está formada por una mezcla de arena y cemento portland normal, estos elementos se mezclan en seco y luego se les agrega agua para darles el poder de endurecerse. La proporción más común de la capa de base es de 1:5.

b) *La Capa Secante*: es una capa formada por arena de buena calidad, tamizada y fina para no dar lugar a la formación de grumos, cuya finalidad es la de unir la pastina a la capa base y recoger el exceso de agua en la pastina al comprimir la baldosa.

c) *La Pastina*: o capa superficial es la que en sí, determina la calidad en cuanto a resistencia a desgaste y apariencia, por lo que necesariamente es de mayor importancia.

⁵ Según referencia No. 18.

La pastina está formada por arena blanca, polvo de mármol, cemento portland normal corriente o blanco y el pigmento colorante o según sea el caso fragmentos de piedra triturada para simular granito

La pastina se mezcla en seco y luego se le adiciona agua hasta obtener una pasta que se coloca en el molde, donde después se coloca la capa secante y en seguida la capa base. El conjunto es prensado hasta 150Kg./cm.² y luego removido del molde. Después de 24 horas los moldes son removidos y la baldosa recibe agua, se les deja fraguar manteniéndolas en un ambiente húmedo conveniente durante 20 días como mínimo.

7.3.3.3 Defectos de las Baldosas de cemento

a) Quebradura o rotura al manipuleo: La rotura de la baldosa indica baja resistencia debido a la calidad de los agregados empleados. Principalmente el cemento adulterado o/a mezclas muy pobres.

b) Poca resistencia al desgaste: La baja resistencia al desgaste en la pastina puede indicar empleo de mal cemento o agregado de mala calidad.

c) Manchas amarillentas: Las manchas amarillentas son causadas por el agua empleada al preparar la pastina o cuando las herramientas utilizadas están oxidadas.

d) Ampollas (costras): Las ampollas que aparecen y se revientan, se deben a la utilización de pasta que debido a la preparación de gran cantidad, ya ha tenido un principio de fraguado antes de utilizarse. Muchas veces el empleo de cal viva es lo que produce estas ampollas.

e) Grietas y manchas de eflorescencia: Las grietas son debidas a la contracción de la pastina al fraguar y deben ser evitadas proporcionando adecuadamente sus componentes. Por esta causa se recomienda no exponer las baldosas de temprana edad en lugares secos y calurosos.

Las manchas blancas de eflorescencia se deben al uso de agua que contiene sales (como el agua de mar).

7.3.3.4 Ensayos que se hacen a la baldosa

a) Flexión

b) Impacto

c) Desgaste

d) Absorción

7.3.3.5 Recomendaciones generales

a) La baldosa de cemento debe fabricarse con materiales de buena calidad.

b) La baldosa debe curarse por lo menos durante un mes.

c) Deben transportarse de canto (completamente verticales).

d) Deben almacenarse libres del sol y de corrientes de aire.

e) Cuando se termina de colocar la baldosa se limpia con arena y aserrín.

En el Cuadro No. 7.5 del apéndice se incluyen las especificaciones para baldosas de cemento líquido.

7.3.4 LADRILLOS DE TERRACRETO^o

Es una mezcla de suelo y un material ligante como el cemento. Para obtener el terracreto, deben usarse tierras arenosas que normalmente se encuentran a 1 metro de profundidad y deben ser cernidas en la malla de ¼".

Las proporciones más adecuadas son:

a) 1 a 10 en volumen

b) 1 a 20 en volumen

^o Según referencia No. 18.

El moldeo: Puede realizarse a mano, pero se obtiene un mejor rendimiento cuando se realiza a máquina.

Curado: Debido a que el producto tiene cemento, debe ser curado durante 15 a 20 días mediante procedimientos similares a los de los demás aglomerados del cemento.

Producto: Se obtienen ladrillos de 29 x 14 x 7 cm. en máquinas normalizadas dentro de las cuales se puede mencionar: Cinva-Ran o Land-Crete.

7.3.5 PREFABRICADOS

Se emplean actualmente un gran número de elementos prefabricados con armaduras de hierro, tensados o no, con los cuales se logra ahorro en tiempo, mano de obra y madera para el formateado. Estos elementos comprenden desde viguetas (sistema viguetas-bovedilla), hasta estructuras de puentes, con la ventaja de que simplemente se colocan sobre los elementos de apoyo ya existentes, los cuales pueden también ser prefabricados, y luego se funden formando una estructura monolítica.

7.4 FIBROCEMENTO⁷

Es un material formado por un mortero de cemento cuyo árido es el amianto u otras fibras minerales o vegetales.

El cemento empleado es generalmente el Portland o supercemento, y como amianto, la variedad denominada *crisotilo*, serpentina u olivino, que es un silicato magnésico hidratado de fórmula $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; cristaliza en el sistema rómbico, tiene un elevado punto de fusión, $1,550^\circ\text{C}$, una densidad relativa de 2.3 a 2.8, dureza igual a 3 - 4 y color blanco o gris. Sus fibras son cortas, de pocos centímetros de longitud, pero muy resistentes a la tracción y flexión.

Otra variedad de amianto es el anfíbólico (tremolita, actilonita), que son silicatos magnésicos cálcicos de fórmula $4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{CaO}$; cristaliza en el sistema monoclinico; densidad relativa, 2.5 - 3.3; dureza, 5 - 6; color gris verdoso; punto de fusión, $1,150^\circ\text{C}$. De fibras largas, pero más frágiles, siendo utilizados para la fabricación de cartones y tejidos de amianto.

7.4.1 FABRICACION

La fabricación del fibrocemento se diferencia mucho de los demás procedimientos de morteros y hormigones, siendo análoga a la del cartón.

El amianto es despojado primeramente de las materias minerales que le acompañan por medio de machacadoras de mandíbulas, molinos de conos desintegradores. Se amasa con cemento Portland en la proporción de 10% de amianto y 90% de cemento, con mucha agua en las "pilas holandesas" para producir una mezcla íntima y lo más homogénea posible, formándose una pasta que se agita continuamente, para que no se desintegre, en un recipiente, en el cual se sumerge hasta su mitad un cilindro horizontal, formado por una fina tela metálica que, al girar, arrastra la pasta hacia arriba, siendo recogida por una tela sin fin, depositándola sobre otro cilindro giratorio moldeador de metal pulimentado y sobre el cual se ejerce una presión. A cada giro de los cilindros se deposita una fina capa de 0.2 mm. de espesor, y cuando se ha alcanzado el grosor deseado se corta el cilindro obtenido por una generatriz, abre y se forma una plancha que se recorta y comprime.

Las chapas onduladas se obtienen análogamente, y las planchas se hacen pasar por un laminador acanalado.

Los tubos se fabrican de la misma forma, sobre un mandril cilíndrico rotatorio.

Otros procedimientos moldean por inyección y prensas hidráulicas. Los productos así fabricados se hacen fraguar y endurecer en ambiente húmedo o debajo del agua.

⁷ Según referencia No. 15.

7.4.2 PROPIEDADES DEL FIBROCEMENTO

Cuando la fibra empleada es el amianto, el fibrocemento obtenido tiene una serie de propiedades comunes a toda clase de objetos con él fabricados, estando caracterizado por el poco peso, homogeneidad, grandes resistencias mecánicas, poder aislante elevado, incombustible e imputrescible, y se puede serrar, taladrar, clavar y tornearse fácilmente, como la madera. Se puede teñir con colorantes minerales.

Densidad aparente relativa: Varía con el grado de compresión que sufre el objeto, de 1.5 a 2.

Densidad real relativa: Es igual a 2.4.

Absorción de agua: Oscila del 10 al 18%.

Porosidad: Alrededor del 12%.

Dureza: Por el método Brinell, con bola de 10 mm. y carga de 500 Kg., da 2.72 Kg./mm.².

Calor específico: Es igual a 0.23.

Conductividad térmica: Las chapas de 5 mm. de espesor, para variaciones de la temperatura entre la ambiente y 100°C. está comprendida entre 0.25 y 0.5.

Permeabilidad: Las chapas son impermeables para una columna de agua de 25 cm. al cabo de una semana.

Resistencia al frío: El fibrocemento no es heladizo.

Resistencia al calor: No es combustible, teniendo a 250°C las mismas propiedades físicas y mecánicas que a la temperatura normal. Funde a 1,500°C.

Resistencia a la compresión: Para los tubos de 2 cm. de espesor: en dirección axial, 700 Kg./cm.²; en la dirección tangencial, 900 Kg./cm.²; en dirección radial, 1,000 Kg./cm.².

Resistencia a la tracción: Las chapas planas de 5 cm. de ancho y 20 cm. entre garras de 125 Kg./cm.² en el sentido de máxima resistencia y en el perpendicular.

Las chapas onduladas con probeta de una semionda de ancho resisten 100 Kg./cm.².

Los tubos, 200 Kg./cm.², a la tracción.

Resistencia a la flexión: Las chapas planas en tiras de 10 cm. de ancho, 5 mm. de espesor y 24 cm. de distancia entre apoyos, resisten 20 Kg.

Las chapas acanaladas con distancia entre apoyos de 1 m., 25 cm. de ancho y 7 mm. de espesor, dan una media de 110 Kg.

Resistencia al desgaste: Las placas ensayadas por chorro de arena a 2 atmósferas durante un minuto pierden 0.16 gramos por centímetro cuadrado.

7.4.3 PRODUCTOS OBTENIDOS DEL FIBROCEMENTO

Existe una gran variedad de productos obtenidos del fibrocemento; debido a sus características antes mencionadas de peso ligero, impermeabilidad, incombustibilidad, etc., se utiliza tanto en exteriores como en interiores o enterrado (tuberías).

Los productos principales utilizados en Guatemala son: (Tomado de las especificaciones de DURALITA)

Láminas: con dimensiones desde los 3 a los 12 pies (0.91 a 3.65 m.) de largo, 1.03 m. de ancho y espesor de 6.8 mm. Además se fabrican los accesorios respectivos para techos tales como: caballetes, remates, etc.

Cielos Falsos: con dimensiones de 2' x 2' y 2' x 4' (0.61 x 0.61 y 0.61 x 1.22 m.) y espesor de 5.5 mm.

Placas para muros: Para uso interior y exterior, dimensiones de 4' x 8' y espesor de 8 mm. para interiores; y de 4' x 8' con espesor de 11 mm. para exteriores.

Depósitos para Agua: Cilíndricos de 50 a 2,000 lt. de capacidad y Rectangulares de 250 a 1,000 lt.

Fosas sépticas: con capacidad de 600 a 2,000 lt.

Información sobre otros productos y recomendaciones de manipuleo, almacenamiento y montaje puede encontrarse en los manuales elaborados por "DURALITA".

CAPITULO 8

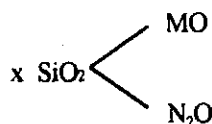
VIDRIO

8.1 INTRODUCCION

El vidrio es una disolución sólida de varios silicatos de sodio, calcio, plomo, etc., obtenidos por fusión a elevada temperatura, y una vez enfriada la masa adquiere el estado amorfo, es dura, transparente o translúcida, frágil y resistente mecánica y químicamente.

Se atribuye a los fenicios y egipcios la invención del vidrio, habiéndose encontrado objetos de vidrio moldeado que datan de 3,300 años a. de J. C.

Los principales componentes son la sílice 75%; sosa 13%; cal 10%, aproximadamente, y pequeñas proporciones de otros metales, no pudiéndose expresar correctamente por fórmulas por variar entre límites más o menos amplios. No obstante, se puede representar el vidrio, en general, por la fórmula:



Siendo M los metales calcio o plomo, N el sodio o potasio.

El vidrio de ventanas se representa por la fórmula:



y el cristal por la siguiente:



El vidrio no posee punto de fusión fijo, sino temperatura de reblandecimiento, siendo a gran temperatura muy fluido, y al descender pasa por los estados de fluido espeso y viscoso, pudiendo ser elaborado.

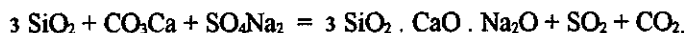
Puede desvitrificarse por cristalización del sílice a causa de un enfriamiento muy lento.

8.2 MATERIA PRIMA¹

Como ácido silícico se emplea el cuarzo, cuarcitas y arenas lo más exentas posible de hierro y finamente pulverizadas. La cal se emplea en forma de piedra caliza, mármol y creta.

Los álcalis en forma de sulfatos, nitratos o carbonatos. El plomo, en forma de minio. Como fundentes se utilizan el espato flúor y la criolita. Para decolorar se emplean el ácido arsenioso, salitre y el bióxido de manganeso, llamado vulgarmente jabón de vidrieros, por transformar el óxido ferroso, que tinte al vidrio de color verde, en óxido férrico, que le colorea en amarillo apenas apreciable. Se colorea el vidrio añadiendo diversos óxidos.

La reacción que tiene lugar es la siguiente:



Mezclas. Se preparan triturando con molinos de rulos, bolas o cilindros las materias primas, mezclándolas mecánicamente, y se añaden trozos de cerámica o vidrios rotos para iniciar la fusión, en las proporciones precisas para la clase de vidrio que se va a obtener.

Fusión. Se hace en hornos intermitentes o de crisoles y continuos o de cubeta. Los hornos de crisoles (figura 8.1) están formados por una cámara revestida de ladrillo refractario, en la cual se colocan los crisoles (figura 8.2) de material refractario, y en los que se introducen las mezclas a medida que se van fundiendo. En las

¹ Según referencia No. 15.

paredes de un lado hay orificios para los gases; en las del otro, pequeños orificios para sacar el vidrio de los crisoles, y aberturas mayores tapiadas para la introducción de éstos.

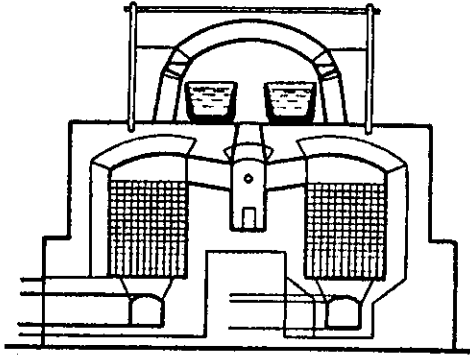


Figura No. 8.1

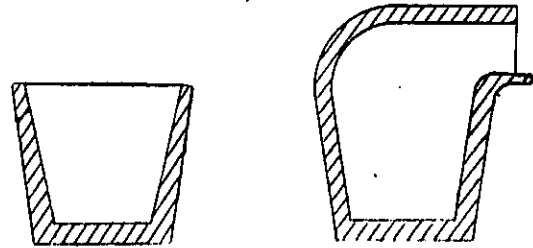


Figura No. 8.2

Los hornos de cubeta (figura 8.3) consisten en un horno de reverbero, cuya solera forma una gran cubeta refractaria, en la que cargan las materias primas mezcladas. Dirigiendo convenientemente la llama se puede lograr una fabricación continua, haciendo que la parte central esté más caliente que la de carga y trabajo.

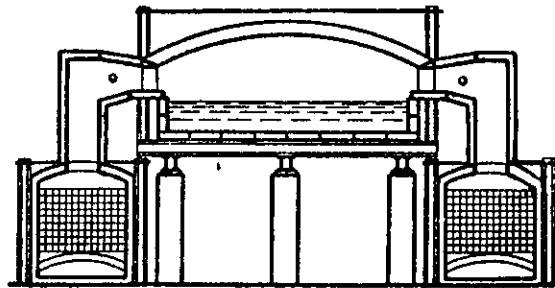


Figura No. 8.3

Obtenida la fusión del vidrio, hay que elevar unos 100°C más la temperatura para que adquiera la masa fundida gran fluidez y se desprendan las burbujas gaseosas que contiene, e incluso se agita con un trozo de madera verde o húmeda sujeta a un espetón de hierro. Se espuman las impurezas y la llamada hiel de vidrio, constituida por sulfatos sódicos y cálcicos, reduciéndose después la temperatura para que la masa alcance la pastosidad necesaria para la elaboración.

Las temperaturas de fusión del vidrio varían con su naturaleza desde $1,000^{\circ}\text{C}$ para el vidrio de fosfato de cal, a $1,370^{\circ}$ para el de silicato de plomo, y $1,400^{\circ}$ para el silicato de cal ordinario.

Una vez fundida la masa de vidrio, hay que enfriarla hasta unos $1,250^{\circ}\text{C}$ para que adquiera cierta viscosidad, precisa para poder ser trabajada por soplado, laminado, estirado y prensado.

Recocido. Los objetos de vidrio tienen que enfriarse lentamente para evitar las tensiones internas producidas por el enfriamiento irregular sufrido durante la elaboración, y además evitar la formación de cristales (desvitrificación). Esto se consigue calentándolos en hornos alimentados por los gases desprendidos del horno de fusión y a temperatura próxima a la de reblandecimiento y dejando enfriar muy lentamente. En la fabricación

mecánica se emplean hornos de túnel continuos, colocando los objetos en cintas transportadoras que hacen el recorrido en un tiempo determinado.

8.3 ELABORACION Y MOLDEO²

Los vidrios se denominan, además de su composición química, por su modo de fabricación y uso a que son destinados, así: vidrios de ventanas estirados o soplados, lunas laminadas, vidrio de botellas, vidrios para óptica y aparatos químicos, etc.

a) Vidrio hueco soplado. A mano, el operario introduce en el horno una caña de hierro de unos 2 m. de longitud y 3 mm. de diámetro interior, terminada por uno de sus extremos por una boquilla, y por el otro en una pequeña bola, sacando una cierta cantidad de vidrio pastoso adherido, llamado posta, siendo llevada sobre una piedra de mármol semiesférica, donde se redondea hasta formar una pequeña ampolla, la cual se introduce después en el horno para tomar más masa fundida o ablandar la ya formada, soplando, haciendo girar y oscilar se va agrandando la ampolla y se pueden obtener y dar forma a diversos objetos, como botellas, vasos, matraces. Otras veces se introduce en moldes de madera o metálicos, y soplando el vidrio reproduce la forma del molde.

Por el procedimiento de soplado y a mano se pueden fabricar varillas y tubos hasta de 100 m. de longitud, tomando un operario cierta cantidad de vidrio fundido y soplando hasta formar una pequeña ampolla, la cual es estirada por otro operario mediante una barra que aproxima.

b) Vidrio plano soplado. Se obtuvo así primeramente formando con la caña una gran ampolla de varios metros de largo y casi uno de diámetro, obteniéndose (figura 8.4) por soplado y caldeos sucesivos un cilindro. Una vez frío, se rasga por una generatriz y se calienta de nuevo en hornos de túnel para que se desarrolle y aplane sobre una plataforma muy lisa y bruñida.

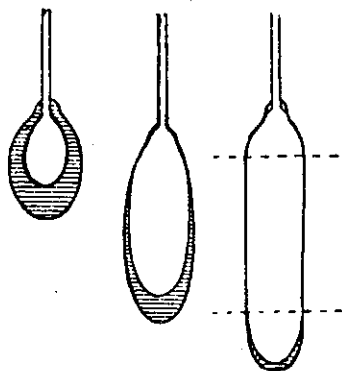


Figura No. 8.4

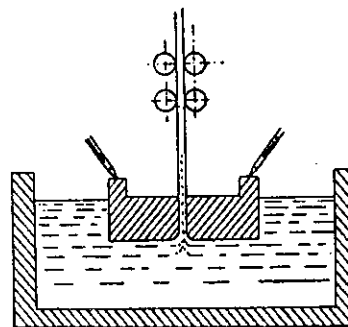


Figura No. 8.5

c) Vidrio plano estirado. Por el procedimiento Fourcault (figura 8.5), se obtiene una lámina de vidrio, al salir la masa fundida del horno a una pequeña cámara, en la cual se introduce una tobera flotante provista de una rendija, por la que sale una tira de vidrio que es recogida por una lámina metálica dentada o un vidrio armado y estirado hacia arriba, estando guiada por una serie de cilindros colocados en una caja vertical cerrada para que se enfrie lentamente, siendo cortada al largo deseado.

Por el procedimiento de Colburn (figura 8.6) se obtiene un vidrio continuo estirado, sin necesidad de tobera flotante, haciendo pasar entre dos cilindros una lámina de vidrio, la cual asciende verticalmente hasta quedar casi solidificada, siendo entonces reblandecida por las llamas de unos mecheros, doblándose en ángulo recto sobre un cilindro de acero horizontal y es arrastrada a lo largo de un túnel de unos 60 m. de longitud, enfriándose lentamente, y es cortado a su salida en hojas que pueden alcanzar un espesor de 30 mm.

Estos vidrios estirados se caracterizan por la uniformidad de espesor y superficies perfectamente planas.

² Según referencia No. 15.

d) **Vidrio plano colado.** Se obtiene laminando una masa fundida de vidrio en estado pastoso, entre dos cilindros o entre un cilindro y una mesa (figura 8.7), los cuales pueden ser lisos o grabados, dando en el primer caso vidrios lisos, y ornamentales en el segundo.

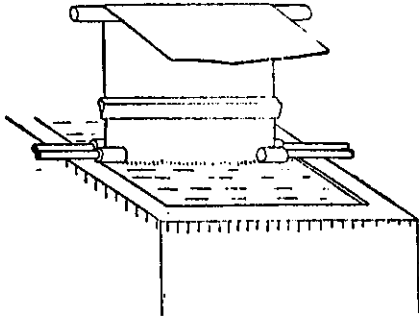


Figura No. 8.6

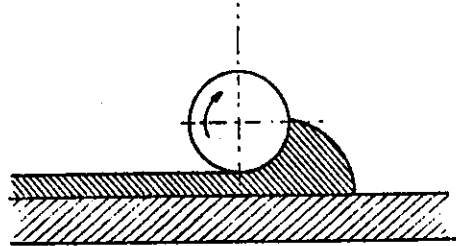


Figura No. 8.7

Si se intercala una fina tela metálica de 0.5 a 0.6 mm. de diámetro, se obtiene el *vidrio armado*.

Los vidrios colados se caracterizan por tener superficies ligeramente facetadas y poco transparentes, debidas al contacto del vidrio y los cilindros que les priva del brillo, volviéndole mate y granujientos. Así se obtienen los vidrios facetados o catedral, estriados, con rombos, etc.

e) **Lunas.** Se fabrican igualmente por laminación (figura 8.8) de la pasta en estado fluido, vertiendo el contenido de los crisoles en una mesa metálica de colada, sobre la que se extiende, desliza y da el espesor un par de cilindros laminadores. Las lunas incandescentes se enfrían lentamente en hornos continuos especiales de recocer, llegando a tener longitudes de 300 m.

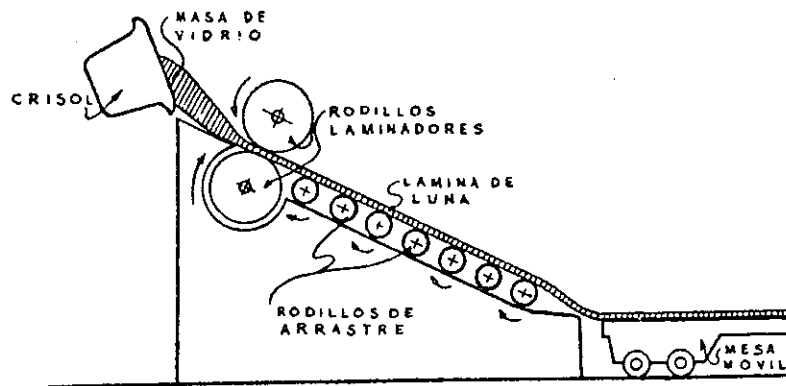


Figura No. 8.8

Las lunas, a la salida de los hornos de recocer, tienen la superficie rugosa, no son transparentes, y para lograrlo se esmerilan y pulen; para ello se colocan sobre mesas especiales, fijándolas con yeso, presentándolas a las máquinas de esmerilar, constituidas por discos giratorios de fundición, y se emplea arena fina cuarzosa de 0.8

mm. de diámetro y, finalmente, un esmeril muy fino. Se pulimentan con platos giratorios de fundición, forrados de fieltro, empleando óxido férrico (colcotar).

Las *lunas curvadas* se obtienen colocando los vidrios planos y pulidos sobre moldes de acero o arena con la forma curva que hayan de tener, y se introducen en un horno que se calienta paulatinamente hasta 500°, con lo que se reblandece el vidrio y adapta a la forma del molde.

f) **Vidrio prensado.** Se obtiene comprimiendo con prensas el vidrio en estado pastoso, obteniéndose objetos macizos, huecos o planos con gran resistencia a la compresión, flexión y choques, no pudiendo ser cortados con el diamante, teniéndose que fabricar con las medidas exactas.

g) **Lana de vidrio.** Se fabrica dirigiendo aire comprimido contra el vidrio fundido que sale por unas boquillas, obteniéndose fibras análogas a la lana animal.

h) **Vidrio hilado.** Se obtienen finos hilos de seda de vidrio de 0.01 a 0.03 mm. de diámetro, haciendo pasar el vidrio fundido a través de finas boquillas, arrollándose sobre un carrete las hebras así obtenidas.

También se puede obtener por dispersión, dejando caer vidrio fundido sobre un disco giratorio, y la fuerza centrífuga hace que se formen hilos delgados.

8.4 CLASIFICACION³

Por su composición química se denominan:

Vidrio cálcico-sódico: Llamado vidrio de ventanas, transparente y aun en placas gruesas, de color verde azulado, poco fusible, sonoro y denso.

Vidrio cálcico-potásico: Comercialmente se le denomina de Bohemia o medio cristal; se caracteriza por ser incoloro, poco fusible, sonoro y menos duro que el anterior.

Vidrio plúmbico-potásico: Es el llamado cristal de plomo: es muy brillante, sonoro, transparente, pesado, fácilmente fusible, poco duro, denso y de gran índice de refracción.

Vidrio aluminoso-cálcico-alcálico, o vidrio de botellas: De color verde oscuro o pardo rojizo, poco fusible, es duro y poco sonoro.

Composición química de los vidrios comerciales.

	Vidrio estirado	Vidrio laminado	Vidrio de plomo	Vidrio óptico
	%	%	%	%
SiO ₂	72.3	73.5	56.1	70.2
Na ₂ O	14.2	13.2	3.5	14.4
K ₂ O	-	-	9.2	5.0
CaO	10.2	15.3	-	7.3
MgO	2.3	-	-	-
PbO	-	-	31.1	-
Fe ₂ O ₃	-	1.2	-	-
Al ₂ O ₃	-	1.2	-	-

³ Según referencia No. 15.

8.5 PROPIEDADES⁴

Las principales son: transparencia, brillo, dureza, sonoridad y resistencias químicas que dependen de la naturaleza de las bases y fusibilidad del contenido en ácido silícico.

8.5.1 DENSIDAD APARENTE

La cual por carecer de poros es igual al *peso específico relativo*, varía de 2.3 a 2.6 para los vidrios alcalinos, y de 3 a 8 para los de plomo, empleados en óptica.

8.5.2 DUREZA

Aumenta en general con el contenido de ácido silícico y la disminuye el plomo, siendo la capa exterior más dura y brillante que la interior. Apreciada con la escala de Mohs, varía de 4 a 8, y es, igual a 6 para los vidrios industriales. El diamante y acero muy duro le rayan, y así le cortan.

8.5.3 CONDUCTIVIDAD

Es muy pequeña, tanto para el calor como para la electricidad, resultando los vidrios tanto más conductores cuando mayor proporción de álcalis contienen, debido a la facilidad con que absorben el agua.

El coeficiente de conductividad calorífica es 0.7 Kcal./m.²/h./°C. por m.; el coeficiente de conductividad eléctrico varía de 8×10^{11} a $3 \times 10^{14} \Omega \text{ cm.}^2$ por centímetro; coeficiente de dilatación, de 35 a 105×10^{-7} .

8.5.4 ELASTICIDAD Y FLEXIBILIDAD

Dependen del espesor, y su fragilidad disminuye al hacerlo su grueso, siendo en finas láminas e hilos flexible y elástico, obteniéndose tejidos con vidrio hilado que se caracterizan por ser incombustibles y lavables.

El vidrio templado a una temperatura variable con su naturaleza y espesor entre 60 a 300°C en baño de aceite, resulta más elástico y sonoro, siendo más resistente a los cambios de temperatura y choques.

El módulo de elasticidad varía de 4,500 a 10,000 Kg./mm.².

8.5.5 RESISTENCIA A LA COMPRESION

Es muy grande: de 5,000 a 10,000 kilogramos por centímetro cuadrado.

8.5.6 RESISTENCIA A LA FLEXION

Varía con la clase de vidrio: el de ventanas, 400 - 500 Kg./cm.²; de lunas, 200 - 500 Kg./cm.²; y el vidrio armado, 250 - 400 Kg./cm.².

8.5.7 RESISTENCIA AL DESGASTE

Es muy elevada, como el basalto y cemento fundido.

8.5.8 RESISTENCIA A LOS AGENTES QUIMICOS

El vidrio es muy resistente a los productos químicos, siendo únicamente el ácido fluorhídrico el que lo disuelve. Los vidrios de baja calidad son atacados ligeramente por los ácidos.

8.5.9 TRANSPARENCIA

El vidrio deja pasar el 80 - 90% de la luz visible.

8.6 FORMAS COMERCIALES⁴

Se clasifican por clases, según sea la calidad. La primera clase es la mejor, y no tiene casi faltas; la segunda clase, ninguna falta de consideración; la tercera y cuarta clase contienen faltas más o menos extensas.

⁴ Según referencia No. 15.

Las faltas o defectos del vidrio son debidos: unas, a mala calidad, como las escorias, veteados, estrías, burbujas, y otras, a deficiente elaboración, como las arrugas, ondulaciones, aletas y grietas.

Los vidrios planos de ventana, por su espesor, se denominan:

	<u>Espesor</u>	<u>Peso del m²</u>
Sencillo	1.5 - 2.0 mm.	4 Kg.
Semidoble	2.4 - 2.8 "	6 Kg.
Doble	3.0 - 3.5 "	8 Kg.
Cristalinas	3.5 - 5.5 "	10 Kg.
Lunas	5.5 - 8.0 "	15 Kg.

Se suministra por cajas de "medidas fijas", "semilibres" y "libres", en las cuales se expresa por un número, no la superficie, sino la suma del largo y ancho de los cristales expresado en centímetros, estando además divididos en escalones para establecer precios según su tamaño.

Las medidas fijas tienen por objeto el ser aplicadas a los vidrios directamente, sin necesidad de cortarlos el vidriero. Se fabrican desde 68 hasta 216 cm. de medidas reunidas.

En los "semilibres" varían los anchos desde 36 hasta 72 cm., y los largos de 132 a 250 cm., y en los "libres", las dimensiones reunidas, de 217 a 364 cm., y se cortan a la medida pedida.

Lunas de primera, de 4 a 10 mm. de espesor y dimensiones hasta de 500 x 300 cm.

Vidrios impresos, catedral y decorativo, tienen una superficie lisa y la otra en relieve, son translúcidos, con un espesor de 3 a 4 mm. y variados dibujos, en blanco, y colores amarillo, azul, verde y morado. Longitudes hasta 300 cm. y ancho de 114 cm.

Baldosilla o vidrio estriado de 5.5 a 8 mm. de grueso y dimensiones de 300 x 100 cm., aumentando de 25 en 25 cm. la longitud y de 10 en 10 el ancho, utilizándose para claraboyas. Figura 8.9.

Vidrio armado o baldosilla armada, con una fina tela metálica se hacen con espesores desde 3 a 10 mm., anchos de 50 a 60 cm. y largos de 50 a 350 cm., siendo las medidas múltiplos de 25 cm. en el largo y de 10 en el ancho.

Baldosas para pavimentos, de 15 a 20 mm. y de 25 a 27 mm. de espesor en dimensiones hasta de 300 x 100 cm., aumentando las medidas de 10 en 10 cm., tanto a los largo como en el ancho.

Baldosas prensadas, de 25 a 30 mm. de grueso y 20 x 20, 25 x 25 y 30 x 30 cm. Figura 8.10.

Baldosas dobles, empleadas para tabiques con espesores de 30 a 60 mm., cuadrados de 20 x 20 y rectángulos de 15 x 27 centímetros. Figura 8.11.

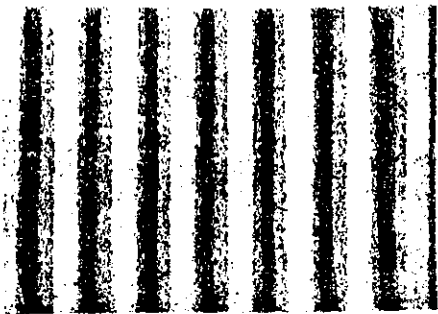


Figura No. 8.9

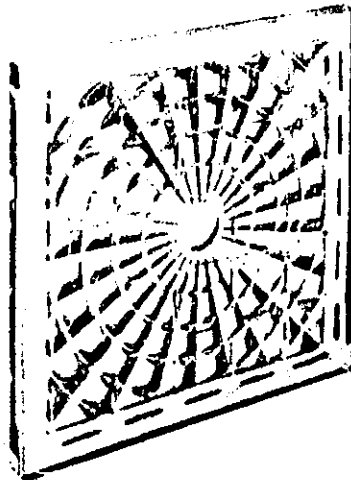


Figura No. 8.10

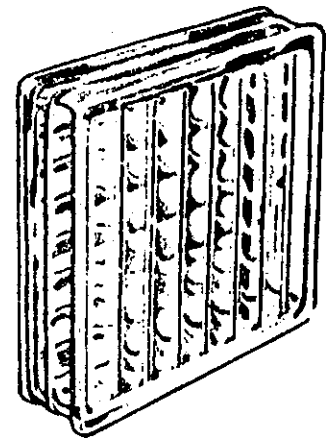


Figura No. 8.11

Tejas planas de vidrio moldeado, de 410 x 240, 420 x 255 y 450 x 250 mm.

Marmolitas u opaxitas, de 7 a 9 mm, y de 12 a 14 mm. de espesor y dimensiones desde 50 x 20 hasta 60 x 25 cm., colores blanco, negro, verde, azul y ocre. Presenta una cara pulida, comunicándoles mucho brillo, y otra rugosa para su más fácil adherencia.

Vidrios de seguridad. El vidrio Triplex está formado por dos láminas de vidrio unidas con otra de celuloide o acetato de celulosa, y en caso de fractura los trozos no saltan. La *luna Securit* tiene un espesor de 5.5 a 8 mm., fabricándose en medidas fijas de 90 x 58, 126 x 45 y 160 x 118 cm.; tiene un templado especial que le hace elástico; no es frágil, rompiéndose en pequeños fragmentos no cortantes.

Fibras de vidrio. Se encuentran en forma de *borra, fieltros*, formados por capas superpuestas cosidas sobre alambre galvanizado, yute, cartón ondulado, etc., formando hojas de 0.5 a 1 m. de ancho, 3 a 10 cm. de longitud y espesores crecientes de 10 en 10 mm. Burlate en rollos de 100 m. con red de hilo de algodón o metálico. Vendas, de 0.75 x 3 cm. sobre papel especial y espesores de 10 a 20 mm., etc.

CAPITULO 9

PINTURAS

9.1 INTRODUCCION

Son mezclas líquidas, generalmente coloreadas, que, aplicadas por extensión, pulverización o inmersión, forman una capa o película opaca en la superficie de los materiales de construcción, a los cuales protege y decora.

Las pinturas están constituidas por un pigmento sólido y el aglutinante o vehículo líquido, formando ambos una dispersión.

9.2 CLASIFICACION

Las pinturas se clasifican por el color y naturaleza de los pigmentos en: blanco de cinc, azul cobalto, etc. Por el vehículo, en pinturas al agua, cola, aceite. Por el papel que desempeñan, en decorativas, antioxidantes, ignífugas, lavables, etc.

9.3 PIGMENTOS

Son cuerpos sólidos, finamente pulverizados, insolubles en el aglutinante o vehículo, siendo su misión la de colorear, dar consistencia y facilitar el secado de la pintura.

Los pigmentos, por su origen, se clasifican en naturales y artificiales, y por su naturaleza, en minerales y orgánicos (vegetal, animal y sintéticos).

Según la misión que desempeñan en la pintura, se les clasifica en coloreados u opacos, y transparentes o inertes.

Entre los pigmentos se pueden citar las siguientes clasificaciones generales:

- a) Pigmentos blancos
- b) Pigmentos amarillos
- c) Pigmentos verdes
- d) Pigmentos azules
- e) Pigmentos rojos
- f) Pigmentos violeta
- g) Pigmentos pardos
- h) Pigmentos negros

9.4 AGLUTINANTES¹

También llamados vehículos, son los líquidos que llevan en suspensión los pigmentos y que una vez secos, mantienen unidas las partículas de color entre si y con la superficie sobre la que se aplica la pintura, impidiendo que se desprenda.

El vehículo consta del aglutinante propiamente dicho y de un líquido que lo disuelve y diluye; así, por ejemplo, en la pintura al silicato, el aglutinante es el vidrio soluble, y el disolvente y diluyente, el agua. En las pinturas al aceite no hay evaporación, constandingo sólo de aglutinante, por no ser volátil el vehículo.

Los vehículos volátiles de las pinturas quedan repartidos entre los espacios intersticiales del pigmento, y al evaporarse (secado físico) la parte volátil, el aglutinante cementa las partículas del pigmento y la base o superficie a la que se aplica, formándose una capa rugosa, porosa y sin brillo.

En una pintura de vehículos al aceite no volátil, se forma al secarse una película (secado químico) al oxidarse el aceite, llamada *oxina*, dando una superficie lisa, brillante y sin poros.

¹ Según referencia No. 15.

Los vehículos se clasifican en volátiles o no. Los vehículos volátiles acuosos pueden ser minerales; a la cal y al vidrio solubles y orgánicos; colas animales o vegetales y emulsiones de almidón, caseína, cera, etc., o jabones de resina y goma laca.

Los vehículos volátiles no acuosos pueden ser lacas al alcohol, celulósicas, resinas naturales y artificiales.

Los vehículos no volátiles están contrituídos por los aceites vegetales secantes: linaza, adormidera, nueces, madera, ricino y los barnices y lacas.

Los vehículos más conocidos son:

El agua: El agua a emplearse en las pinturas debe ser pura y no alterar los colores de pigmentos, por lo que estará excenta de sales, materiales orgánicos, etc. En general el agua potable es buena.

Colas: Pueden ser de origen vegetal o animal. Las pinturas a la cola deben ser aplicadas en capas sucesivas muy delgadas para evitar que sequen superficialmente y luego se desprendan en escamas.

Goma y resinas: Al hacer una abertura en la corteza de determinados árboles, fluye un líquido espeso de color amarillo o rojizo, transparente que se solidifica rápidamente en contacto con el aire. Este líquido constituye las gomas o resinas que se presentan aparentemente iguales, pero que en realidad son distintas. (Unas se mezclan con el agua y las otras no).

Las resinas más comunes son: Trementina, la colofonia, copal, demar, sandraca, gomalaca y gutagamba.

La trementina procede del Pino, es de color ligeramente amarillento, transparente, espesa y de olor aromático.

La gomalaca se produce en los árboles por la picadura de un insecto, que produce la salida de un líquido que al refinarlo produce gomalaca. Es la resina más importante y se presenta en forma de barras y escamas. Se disuelve en alcohol, empleándose en ebanistería y sobre todo en madera a las que envuelve en una capa aislante.

Aceites: Son líquidos de color amarillento, que se obtienen de los frutos, semillas y flores de diversos vegetales y también de descomposiciones orgánicas; los más conocidos son:

- a) Aceite de linaza
- b) Aceite de madera
- c) Aceite de nueces
- d) Aceite de girasol
- e) Aceite de castor (no debe confundirse con el medicinal).

Barnices: Son sustancias mezcladas en un líquido y que extendido en delgadas capas se solidifica quedando una superficie protectora, lisa y brillante.

Esmaltes: Son aquellas pinturas cuyo acabado está dado por barnices. Secan más rápido que las pinturas de aceite, dando una película protectora, lisa y brillante.

9.5 TECNICA DE LA PINTURA²

9.5.1 PREPARACION PARA EL PINTADO Y REPINTADO

Toda superficie a pintarse debe ser adecuadamente preparada, estar sana, completamente seca, desengrasada y libre de oxidaciones.

Las tareas previas para un buen pintado son:

Limpieza: Consiste en preparar el fondo, eliminando todo elemento perjudicial como escamas, pinturas viejas en malas condiciones, nudos de la madera, etc. Las pinturas viejas son eliminadas cuando están

² Según referencia No. 15.

en malas condiciones o cuando son de otro color a las nuevas; en la madera se efectúa por lavado con agua y jabón y normalmente raspado a fondo y lavado luego con aguarras.

Lijado: El lijado tiene por objeto suavisar las superficies luego de la limpieza; para ello se pasa un papel de lija aplicado sobre un taco de madera.

Cepillado: Se pasa el cepillo de cuerdas largas para desprender todas las partículas sueltas que deja el lijado y que pueden ser un impedimento para la buena adherencia de las pinturas.

Imprimación: Consiste en una primer mano de pintura aplicada como fondo y cuyo objetivo es reducir y uniformizar la absorción de las superficies a pintar, mejorando la adherencia de la capa final, por lo que la de ésta debe ser muy grande.

9.5.2 SECADO

Las pinturas se secan generalmente al aire, con mayor o menor rapidez, según el clima, aireación y clase. Las pinturas celulósicas tardan desde treinta a sesenta minutos, las pinturas a la cola y aguada, unas ocho a diez horas; los barnices y las pinturas al óleo, doce a veinticuatro horas.

Los barnices para metales se pueden secar en estufas calentadas a 100 - 200°C., preparándolos más grasos que los aéreos, con lo cual se alcanzan mayores resistencias.

9.5.3 BRUÑIDO

Se practica para dejar rugosas las superficies y hacer desaparecer las desigualdades, con objeto de que tengan más adherencia las siguientes manos de pintura. Se hace con papel de lija, piedra pómez y con aceite, papel de vidrio o polvo de pómez y agua.

9.5.4 PULIMENTO

La madera se pulimenta con barniz de goma laca en disolución alcohólica. Los metales se pulimentan después de haber sido esmerilados ligeramente con pasta de pulir, y se pulimentan con mezclas especiales a base de aceite, disolventes, agua, etc., con lo que se consigue adquieran un gran brillo.

9.5.5 DURACION

Tiene mucha influencia el número de manos, constitución de la pintura, medio, clima, etc., no pudiendo darse con aproximación. Para los elementos ferrosos a la intemperie se exige una duración de cinco a diez años, que se logra más o menos. Las pinturas celulósicas duran de dos a cuatro años.

9.6 PROPIEDADES FISICAS DE LA PINTURA Y SU DETERMINACION³

9.6.1 TOMA DE LA MUESTRA

Se agitará previamente la pintura con una varilla o agitador, para homogeneizarla lo más posible, y si hay varios recipientes, se tomará de algunos de ellos, al azar, para obtener una muestra media.

9.6.2 DENSIDAD REAL

Se halla por medio de un picnómetro de boca ancha y provisto de tapón-termómetro. Se opera como en los líquidos pesándole vacío, P; lleno de pintura, P', y lleno de agua destilada a la misma temperatura, P". La densidad se calcula por la fórmula:

$$D = \frac{P' - P}{P'' - P} \times d;$$

siendo d la densidad del agua a la temperatura que se opera.

³ Según referencia No. 15.

9.6.3 VISCOSIDAD

Se opera con un viscosímetro, trabajando generalmente a 25°C, independientemente del aparato.

9.6.4 PUNTO DE INFLAMACION

En un vaso abierto o cerrado se practica por aparatos tales como el de Pensky-Martens o el de Cleveland, análogamente como se hace con los lubricantes.

9.6.5 FINURA

Se opera con tamices de tela de cobre de 6,400 o 15,400 mallas/cm.², y empleando el agua para los pigmentos insolubles en ella como medio de facilitar el paso de las partículas, pues dada la finura de las mallas, se obstruyen si se opera en seco. Cuando son los pigmentos solubles en agua, pintura y esmaltes, se emplea el petróleo como líquido de lavado. Con pigmentos metálicos de aluminio y bronce se empleará alcohol desnaturalizado. Se pesa el tamiz desecado al miligramo y 25 gr. de los pigmentos pesados y pinturas, y 2 gr. para los ligeros. Se deseca y pesa después del lavado y se refiere a 100 el residuo hallado.

9.6.6 DUREZA

Se aprecia mediante un lápiz de estaño puro, terminado en un cono de 8 mm. de diámetro de base y 10 mm. de altura, apoyado normalmente, y cargado con 500 gr. Se le desplaza a una velocidad comprendida entre 0.5 y 1 cm./segundo, no debiendo dejar señal. Para los barnices, además se utilizan filos duros cortantes y con determinada carga, no debiendo ser rayada la superficie pintada o barnizada.

9.6.7 TIEMPO DE SECADO

Es el que debe mediar para poder aplicar sobre una superficie pintada otra mano de pintura. Se determina aproximadamente apoyando un dedo sobre una superficie pintada y observando cuándo deja de adherirse. El endurecimiento final es el tiempo transcurrido desde que se aplica una pintura hasta que, ejerciendo con el dedo una presión de 500 gr., no deja huella.

9.6.8 PODER DE CUBRICION

Se determina por comparación con un color tipo, tomando pesos iguales de uno y otro con cantidades de aceite de linaza pesado y aplicándose sobre iguales superficies, hasta ocultar o cubrir bien el color del fondo. Pesando después los recipientes y pinceles, se determina el tanto por ciento de color gastado por unidad de superficie.

Otro procedimiento consiste en cubrir con una pintura una superficie que tenga 50 x 50 cm., con cuadros blancos y negros de 5 centímetros de lado, sobre linóleo aceitado o, mejor aún, recubierto con un barniz celulósico. Se pesa el recipiente y brocha o pincel, aproximando al medio gramo. Se moja la brocha de pintura y se va dando un brochazo en cada cuadro, extendiéndola a continuación con la misma brocha, primero en un sentido y después en el perpendicular a él, y si no se logra ocultar los cuadrados, se añade poco a poco más pintura hasta lograrlo. La transparencia se aprecia extendiendo el color sobre un vidrio y, una vez seco, se aplica sobre un papel que lleva trazadas unas líneas negras de tinta china.

9.6.9 INTENSIDAD DE COLOR O TONO

Se determina por comparación con otros colores semejantes, observando el tinte más o menos intenso que comunica a una sustancia dada, con la que se mezcla en determinadas proporciones.

9.6.10 INFLAMABILIDAD

De una pintura seca se aprecia sometiéndola a temperaturas elevadas en estufas especiales o directamente a una llama de potencia calorífica conocida y observando cuándo empieza a arder.

Se clasifica como "inflamable" cuando emite vapor inflamable por debajo de 300°C., y de "seguridad", cuando puede alcanzar una temperatura de 400°C. sin inflamarse.

9.6.11 ADHERENCIA Y ELASTICIDAD

Se hace pintando chapas de hierro de unos 10 cm. de lado con la pintura a ensayar, y después se seca en el medio en que se desee, se doblan sobre un cilindro de 2 mm. de diámetro, quedando hacia fuera la capa de pintura, y se mide el ángulo que falta para 180° cuando la película se rasga o rompe.

9.6.12 IMPERMEABILIDAD

Se determina recubriendo esferas de 4 cm. de diámetro, de madera de haya, con las manos de pintura desecadas, y, una vez secas, se sumergen veinticuatro horas en agua a 20°C, y el aumento de peso, referido a tanto por ciento de la esfera, define la permeabilidad.

9.6.13 TENACIDAD

Se determina midiendo la resistencia a la tracción de una película de pintura. La película se hace sobre un papel fuerte de dibujo de lavado, sujeto, en estado húmedo, a un tablero, y, una vez seco, se le da dos manos cruzadas de azúcar al 15% en peso. Sobre el papel así preparado se extiende una capa de pintura del espesor que se quiera, pues pesando el recipiente y pincel antes y después, sabiendo la densidad de la pintura, el cociente da el volumen, y dividiendo por la superficie pintada se determina el espesor. Una vez seca, a los siete días, en atmósfera seca, entre 15 - 18°C., y a la luz, sin que le dé el sol, se cortan tiras de 5 cm. de ancho y 30 de largo, en el sentido de las últimas pinceladas, las cuales se sumergen en agua tibia a 30°C, para que se despeguen, y lavan cuidadosamente sobre un vidrio para desprender el azúcar o goma, dejándose secar sobre papel secante, y se cuelgan con unas pinzas al aire hasta su ensayo.

La tenacidad o resistencia a la tracción se determina con las películas de pintura mediante el dinamómetro, empleado para el ensayo de papeles y telas. De no disponer de este aparato se puede determinar también fijando los extremos de una tira a dos carretes de película fotográfica; a uno de ellos se fija un recipiente para recubrir perdigones de la balanza, y el otro carrete a un soporte. Las películas de buena pintura, de 5 cm. de ancho y 0.1 mm. de espesor, tienen una resistencia de 1 a 3 kilogramos.

9.6.14 ELASTICIDAD

La elasticidad de un película se halla en los aparatos anteriores midiendo los alargamientos bajo cargas determinadas.

9.6.15 FLEXIBILIDAD

Se aprecia en películas de pintura, viendo si se las puede plegar o son frágiles y rompen.

9.6.16 RESISTENCIA A LOS AGENTES ATMOSFERICOS

Las pinturas aplicadas sobre madera o planchas de hierro se someten a la acción de la luz, aire, agua, calor, frío, vapores, líquidos, etc., durante un año, examinándose la apariencia e integridad de la película y la protección ejercida sobre el soporte.

Se somete a películas desprendidas de un soporte a estos agentes, y compara los resultados obtenidos de tenacidad, elasticidad, fragilidad con otras conservadas en aire seco y sin experimentar las acciones atmosféricas.

Como este ensayo es muy largo, se pueden hacer ensayos acelerados o de envejecimiento con películas y paneles sometiéndolos a la acción de luz ultravioleta, chorros de vapor de agua y gases, riegos con agua, ácidos, bases y sales en disolución, temperaturas de + 50° y - 10° centígrados, etc.

CONCLUSIONES

1. La función principal de los materiales de construcción consiste en desarrollar resistencia, rigidez y durabilidad adecuadas al servicio para el cual fueron concebidos.
2. Una de las fases más importantes en la etapa de diseño de un determinado proyecto, es la selección de los materiales a utilizar, debiendo elegir entre distintas clases, calidades y precios el más adecuado para el uso requerido.
3. Las normas son una guía de información que sirve para poder elegir un material que cumpla con las especificaciones fijadas en el diseño, y tener la certeza de que cuenta con las mejores características de calidad, funcionalidad y que se obtiene al precio más favorable.
4. El ensayo de materiales constituye una fuente importante de información que contribuye a predecir y garantizar el desempeño adecuado de los materiales en condiciones posteriores de servicio.
5. La utilización de los materiales más adecuados y los procedimientos de diseño correctos conducirán a la obtención de construcciones con resultados satisfactorios dentro de los límites requeridos.

RECOMENDACIONES

1. La protección de los materiales de construcción de las condiciones climáticas adversas es una práctica recomendable, la cual ayuda a mantener las propiedades de los mismos y a no disminuir su vida útil.
2. La realización de los ensayos deberá llevarse a cabo periódicamente para así garantizar las características físicas, mecánicas y de uniformidad de los materiales y de los productos obtenidos de los mismos.
3. Los materiales de origen natural u orgánico tales como la madera y sus sub-productos, deberán adquirirse con cierto grado de preservación o tratamiento para mejorar sus características y alargar su tiempo de vida.
4. En la realización de proyectos con cierto grado de importancia no deberán utilizarse materiales sustitutivos que cuentan con calidades menores de las normalizadas, tal es el caso de los aceros comerciales, debiendo realizar los ensayos respectivos para determinar sus características físicas y mecánicas.

REFERENCIAS

1. ALTAN GARCIA, HECTOR HUGO. Estudio de las cales fabricadas en el departamento de Guatemala. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1992.
2. ASOCIACION CENTROAMERICANA DEL CEMENTO Y CONCRETO. Técnicas y Avances en Concreto (Pruebas de Control para la Calidad del Concreto). Distribuido por Cortesía de Concreto Pre-Mezclado Mixto Listo. 1993.
3. ASTM STANDARDS. Annual book of ASTM Standards 1987. Section 4, Construction Cement, Lime, Gypsum; Concrete and Aggregates. Volúmenes 04.01 y 04.02. 1987.
4. CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD - GATT. Baldosas de cerámica sin esmaltar y esmaltadas: estudio de algunos proveedores y de los principales mercados. Publicaciones de CCI. 1982.
5. DAVIS, H.E.; TROXIL, G.E. Y WISKOCIL C.T. Ensayo e Inspección de los materiales de Ingeniería. Tercera Edición. Compañía Editora Continental S.A., México. 1970.
6. FACULTAD DE INGENIERIA. Instructivo de Laboratorio de Materiales de Construcción. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
7. FLORES MORALES, JOSE ENCARNACION. Uso Tecnológico de la madera en la Construcción. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1970.
8. FONDO DE HIPOTECAS ASEGURADAS. Normas de Planificación y Construcción. 1982.
9. GURFINKEL, GERMAN. Wood Engineering. Segunda Edición. Kendall/Hunt Publishing Company. 1991.
10. INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO. Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-83) y Comentarios. Segunda Edición, Editorial LIMUSA. México. 1986.
11. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. Especies utilizadas industrialmente en Guatemala. Unidad de Evaluación y promoción, Departamento de Socio-Economía. 1984.
12. MERRITT, FREDERICK S. Manual del Ingeniero Civil. Tomo I, Tercera Edición. Editorial McGraw - Hill. México. 1996.
13. NAWY, EDWARD G. Concreto Reforzado (Un Enfoque Básico). Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México. 1994.
14. ORDOÑEZ MORALES, JOSE GABRIEL. Determinación de esfuerzos reales y valores de diseño de flexión con madera de pino aserrada, clasificación visualmente en grados estructurales. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1993.
15. ORUS ASSO, FELIX. Materiales de Construcción. Séptima Edición. Editorial dossat, S.A. 1985.
16. OSMOSE. Preservación de la Madera. Osmose Mexicana S.A. de C.V. México. 1976.
17. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Design and Control of Concrete Mixtures. 12th. edition. 1987.
18. RODAS MAZARIEGOS, ANIBAL. Materiales de Construcción. Escuela Técnica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos.
19. TUBO VINIL, S. A. Catálogo Técnico: Consideraciones de diseño para instalaciones de tubería de P.V.C.

BIBLIOGRAFIA

1. COGUANOR. Catálogo de Normas "COGUANOR". COGUANOR, Ministerio de Economía. 1992.
2. DEPARTMENT OF COMMERCE "National Bureau of Standards". Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe (Standard Dimension Ratio). 1970.
3. NEVILLE, A. M. Tecnología del concreto. Tomo 2. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. 1977.
4. URRUTIA REVILLA, JUAN FRANCISCO. Propiedades Físico-Mecánicas del Bambú (Estudio preliminar de 6 especies de la Finca Chocolá, Suchitepéquez). Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1983.

APENDICE

TABLA No. 2.1

**ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS PARA MADERAS GUATEMALTECAS
APLICABLES A MADERA VERDE O POCO SAZONADA Y MADERA SECA AL AIRE (a) (b) (c)***

Especie	Peso seco aparente gr./cm. 3	Flexión Estática Kg./cm. 2	Módulo de Elasticidad Kg./cm. 2x10 ⁵	Compresión		Tensión		Corte paralelo Kg./cm. 2	Clivaje Kg./cm. 2	Dureza Kg.	Extracción de clavos Kg.
				paralela Kg./cm. 2	perpendicular Kg./cm. 2	paralela Kg./cm. 2	perpendicular Kg./cm. 2				
Ciprés	0.51	160	0.75	70	23	160	7	7	8	225	19
Pino coloreado (ocarpa)	0.57	200	1.19	90	23		20			85	
Pino Petén (caribeae)	0.67	215	1.20	90	21		22			100	10
Otros pinos	0.37	115	0.66	55	13		16			40	
Caoba	0.48	160	0.76	70	45	125	7	10	16	265	30
Canoj	0.65	130	1.00	70	20	100	10	10	19	200	
Cedro	0.43	95	0.46	40	35	80	10	7	16	180	19
Cenicero	0.61	130	0.72	65	45	100	10	10	11	350	30
Conacaste	0.42	95	0.56	35	20	90	10	7	9	195	9
Chichique	0.72	245	1.38	120	60	235	7	9	12	450	
Chichipate	0.72	210	1.20	105	55	160	10	15	25	730	53
Marfillo	0.62	100	0.85	60	45	145	16	12	20	360	40
Volador	0.65	165	1.05	75	35	155	10	11	24	430	50

* Tomado de referencia No. 6.

Observaciones:

- a) Solo se permite incrementos sobre estos esfuerzos, para madera seca al aire en caso que las piezas sean de 10 cm. de grosor.
- b) En la columna 6 (Tensión paralela): Se sugiere tomar los valores de flexión estática (columna 2).
- c) Para obtener los esfuerzos permisibles de trabajo, deben corregirse los datos de esta tabla (ver tablas 2.2, 2.3 y 2.4).

TABLA No. 2.2

**ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERA
GRADO "a" APLICABLES A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE***

Especie	Peso seco aparente gr./cm.3	Flexión Estática Kg./cm.2	Módulo de Elasticidad Kg./cm.2x10 ⁻⁵	Compresión paralela Kg./cm.2	Compresión perpendicular Kg./cm.2	Tensión paralela Kg./cm.2	Tensión perpendicular Kg./cm.2	Corte paralelo Kg./cm.2	Clivaje Kg./cm.2	Dureza Kg.	Extracción de clavos Kg.
Ciprés	0.51	136	0.75	60	23	136	6.0	6.0	6.8	225	19
Caoba	0.48	136	0.76	60	45	106	6.0	8.5	13.6	265	30
Canoj	0.65	110	1.00	60	20	85	8.5	8.5	16.2	200	
Cedro	0.43	81	0.46	34	35	68	8.5	6.0	13.6	180	19
Cenicero	0.61	110	0.72	55	45	85	8.5	8.5	9.4	350	30
Conacaste	0.42	81	0.56	30	20	77	8.5	6.0	7.7	195	9
Chichique	0.72	206	1.38	102	60	200	6.0	7.7	10.2	450	
Chichipate	0.72	278	1.20	83	55	136	8.5	12.8	21.3	730	55
Marillo	0.62	85	0.85	51	45	124	6.8	10.2	17.0	360	40
Volador	0.63	240	1.05	64	35	132	8.5	9.4	20.4	430	50
Pino Colorado		170	1.19	76	20			17.0		75	
Pino de El Petén		182	1.20	76	17			18.7		85	
Otros pinos		97	0.66	46	11			13.6		34	

* Tomado de referencia No. 6.

TABLA No. 2.3

**ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERA
GRADO "b" APLICABLES A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE**

Especie	Peso seco aparente gr./cm. 3	Flexión Estática		Módulo de Elasticidad		Compresión paralela		Compresión perpendicular		Tensión paralela		Tensión perpendicular		Corte paralelo		Clivaje Kg./cm. ²	Dureza Kg.	Extracción de clavos Kg.
		Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²					
Ciprés	0.51	112	0.75	49	23	112	5.0	5.0	5.0	5.6	223	19						
Caoba	0.48	112	0.76	49	45	87.5	4.9	7.0	7.0	11.2	265	30						
Canoj	0.65	91	1.00	49	20	70	7.0	7.0	7.0	13.3	200							
Cedro	0.43	67	0.46	28	35	56	7.0	5.0	5.0	11.2	180	19						
Cenicero	0.61	91	0.72	45.5	45	70	7.0	7.0	7.0	7.7	350	30						
Conacaste	0.42	67	0.56	24.5	20	63	7.0	5.0	5.0	6.3	195	9						
Chichique	0.72	172	1.38	84	60	164	5.0	6.3	6.3	8.4	450							
Chichipate	0.72	147	1.20	74	55	112	7.0	10.5	10.5	17.5	730	55						
Marillo	0.62	70	0.85	42	45	101	5.6	8.4	8.4	14.0	360	40						
Volador	0.65	115	1.05	52.5	35	108	7.0	7.7	7.7	16.8	430	50						
Pino Colorado		140	1.19	63	16			14.0			60							
Pino de El Petén		150	1.20	63	14			15.4			70							
Otros pinos		80	0.66	38	9			11.2			28							

* Tomado de referencia No. 6.

TABLA No. 2.4

**ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERA
GRADO "c" APLICABLES A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE**

Especie	Peso seco aparente gr./cm.3	Flexión Estática Kg./cm.²	Módulo de Elasticidad Kg./cm.²x10⁻⁵	Compresión paralela Kg./cm.²	Compresión perpendicular Kg./cm.²	Tensión paralela Kg./cm.²	Tensión perpendicular Kg./cm.²	Corte paralelo Kg./cm.²	Cilvaje Kg./cm.²	Dureza Kg.	Extracción de clavos Kg.
Ciprés	0.51	80	0.75	35	23	80	3.5	3.5	4.0	225	19
Caoba	0.48	80	0.76	35	45	63	3.5	5.0	8.0	265	30
Canoj	0.65	65	1.00	35	20	50	5	5.0	9.5	200	
Cedro	0.43	48	0.46	20	35	40	5	3.5	8.0	180	19
Cenicero	0.61	65	0.72	33	45	40	5	5.0	5.5	350	30
Conacaste	0.42	48	0.56	18	20	45	5	3.5	4.5	195	9
Chichique	0.72	123	1.38	60	60	118	3.5	4.5	6.0	450	
Chichipate	0.72	105	1.20	53	55	80	5	7.5	12.5	730	55
Marillo	0.62	50	0.85	30	45	73	4	6.0	10.0	360	40
Volador	0.65	83	1.05	38	35	78	5	5.5	12.0	430	50
Pino Colorado	0.57	100	1.19	45	1			10.0		45	
Pino de El Petén	0.67	105	1.20	45	10			11.0		50	
Otros pinos	0.37	58	0.66	27	7			8.0		20	

* Tomado de referencia No. 6.

TABLA No. 3.1

PROPORCIONES PARA MORTEROS SEGUN LA NORMA ASTM C 270*

Mortero	Tipo	CANTIDADES EN VOLUMEN DE MATERIAL CEMENTANTE						Arena de río (en condición seca al aire)
		Cemento Portland o Hidráulico	Cemento de Albañilería			Cal Hidratada		
			M	S	N			
Cemento y Cal	M	1	-	-	-	1/4	No menos de 2 1/4 y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes.	
	S	1	-	-	-	1/4 a 1/2		
	N	1	-	-	-	1/2 a 1 1/4		
	O	1	-	-	-	1 1/4 a 2 1/2		
Cemento de Albañilería	M	1	-	-	-	1		
	M	-	1	-	-	-		
	S	1/2	-	-	-	1		
	S	-	-	1	-	-		
	N	-	-	-	1	-		
O	-	-	-	-	1			

* Tomado de referencia No. 3.

Nota: No deberán combinarse dos materiales con inclusión de aire en la construcción de morteros.

TABLA No. 3.2**PROPIEDADES DE LOS MORTEROS SEGUN LA NORMA ASTM C 270¹**

Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a la compresión a los 28 días.	Retención de Agua mínimo	Contenido de aire máximo	Arena de río (en condición seca al aire).
		Psi (Kg./cm. ²)	%	%	
Cemento y cal	M	2500 (176)	75	12	No menos de 2 ¼ ni más de 3 ½ veces la suma de los volúmenes separados de los materiales sementantes
	S	1800 (127)	75	12	
	N	750 (58)	75	14 ^A	
	O	350 (25)	75	14 ^A	
Cemento de Albañilería	M	2500 (176)	75	- ^B	
	S	1800 (127)	75	- ^B	
	N	750 (58)	75	- ^B	
	O	350 (25)	75	- ^B	

^A Cuando el refuerzo estructural está incorporado en el mortero, el máximo contenido de aire será 12%.

^B Cuando el refuerzo estructural está incorporado en el mortero, el máximo contenido de aire será 18%.

TABLA No. 3.3**GUIA PARA LA SELECCION DE MORTEROS SEGUN NORMA ASTM C 270¹**

Localización	Segmento del Edificio	Tipo de Mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, levantados	Muro de Carga	N	S ó M
	Muros sin Carga	O	N ó S
	Muros parapeto	N	S
En Exterior, o suelos	Muros de fundación, muros de contención, alcantarillado, pavimentos, banquetas, y patios.	S	M ó N
Interiores	Muros de Carga	N	S ó M
	Muros Tabiques	O	K ó N

TABLA No. 3.4**MORTEROS PARA ENLUCIDOS SEGUN EL "CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA"**

Proporciones en volumen aparente			Usos Permisibles
Cemento	Cal Hidratada en Polvo	Arena	
0 a 1/10 *	1	3 veces arena amarilla o blanca	Revoques o repellos
0 a 1/10 *	1	½ a 2 de arena blanca fina cernida	Cernidos interiores y exteriores
0 a 1/10 *	1	¼ a 1 de arena blanca fina cernida	Blanqueados

* Se recomienda usar de 1/20 a 1/10 de cemento o yeso calcinado respecto a la cal.

¹ Tomado de referencia No. 3.

TABLA No. 4.1**COEFICIENTES DE VARIACION DEL CONCRETO CORRESPONDIENTES A DISTINTOS GRADOS DE CONTROL EN LA FABRICACION.²**

Condiciones de mezclado y Colocación	Control	Coefficiente de variación (%)	Fcr/f'c
Agregados secos, granulometría precisa, relación exacta agua-cemento, y temperatura controlada de curado. Supervisión continua.	De laboratorio	5	1.07
		6	1.06
Pesado de todos los materiales, control de la granulometría y del agua tomando en cuenta la humedad de los agregados y el peso en grava y arena desplazada por el agua. Supervisión continua.	Excelente	7	1.10
		8	1.12
Pesado de todos los materiales, control de la granulometría y de la humedad de los agregados. Supervisión continua.	Alto	10	1.15
		12	1.18
Pesado de los agregados, control en la granulometría y del agua. Supervisión frecuente.	Muy bueno	13	1.20
		15	1.24
Pesado de los materiales. Contenido de agua verificado a menudo. Verificación de la trabajabilidad. Supervisión intermitente.	Bueno	16	1.26
		18	1.30
Proporcionamiento por volumen considerando el cambio en volumen de la arena por la humedad. Cemento pesado. Contenido de agua verificado en la mezcla. Supervisión intermitente.	Regular	20	1.34
Proporcionamiento por volumen de todos los materiales. Poca ó ninguna supervisión.	Pobre	25	1.47

TABLA No. 4.2**TAMAÑOS MAXIMOS DE AGREGADO RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE CONSTRUCCION.²**

Dimensión máxima de la sección en cm.	Tamaño máximo del agregado en cm.			
	Muros reforzados, vigas y columnas	Muros sin refuerzo	Losas Altamente reforzadas	Losas con poco ó sin refuerzo ref.
6.5 a 12.5	1.3 a 1.9	1.9	1.9 a 2.5	1.9 a 3.8
15 a 28	1.9 a 3.8	3.8	3.8	3.8 a 7.6
30 a 74	3.8 a 7.6	7.6	3.8 a 7.6	7.6
Mayor que 74	3.8 a 7.6	15.2	3.8 a 7.6	7.6 a 15.2

TABLA No. 4.3**ASENTAMIENTOS USUALES PARA VARIOS TIPOS DE CONSTRUCCION²**

Tipo de Construcción	Revenimiento (cm.)	
	Máximo	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación Reforzados.	12.5	5.0
Zapatas simples y muros para Subestructura.	10.0	2.5
Losas, vigas y muros reforzados.	15.0	7.5
Columnas para edificios.	15.0	7.5
Pavimentos	7.5	5.0
Construcción masiva	7.5	2.5

² Tomado de referencia No. 6.

EJEMPLO DE PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO SEGUN EL "CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA"

1. DATOS: (Asumidos) Estructura: Columna para edificio de 0.50 x 0.50 mt.

1.1 Control de Calidad: Excelente

De la tabla No. 4.1 se obtiene $f_{cr}/f'_c = 1.10 - 1.12$ (Se toma 1.12 para mayor seguridad, dado que tiene un coeficiente de variación más alto).

1.2 Resistencia Característica: Se calcula multiplicando el factor f_{cr}/f'_c por la resistencia obtenida de los planos del proyecto.

$$= 1.12 \times 210 \text{ Kg./cm.}^2 \text{ (Asumido)} = 235.20 \text{ Kg./cm.}^2$$

1.3 Asentamiento Recomendado: De la tabla No. 4.3 se tiene 7.5 a 15 cm. para columnas de edificios, seleccionando el promedio, o sea 11.25 cm.

1.4 Tamaño máximo del agregado grueso: 3.8 a 7.6 cm. (de la tabla No. 4.2)

1.5 Relación agua/cemento Recomendada: De la tabla No. 4.4 se toma como 0.56.

1.6 Cantidad de Agua: 191 Lt./m.³ de acuerdo con la tabla No. 4.4.

1.7 % de Agregado Fino: 41% según la tabla No. 4.4.

2. DESARROLLO DEL DISEÑO:

2.1 Cantidad de cemento = $w/c = 191/0.56$ = 341.07 Kg./m.³

2.2 Cantidad de Agua = = 191.00 "

2.3 Suma agua + cemento = = 532.07 "

2.4 Peso del concreto = = 2,300.00 "

2.5 Cantidad de agregados = $\text{Peso del concreto} - \text{Suma (agua + cemento)}$ = 1,767.93 "

2.6 Cantidad de agregado fino = 41% de la Cantidad de agregados = 724.85 "

2.7 Cantidad de agregado grueso = $\text{Total agregados} - \text{agregados finos}$ = 1,043.08 "

2.8 Proporción inicial = $\text{cemento}/(\text{cemento, arena, piedrín})$ = 1: 2.13 : 3.06

3. VERIFICACION DEL DISEÑO: (Realización de masada de Prueba).

3.1 Masada Teórica: (Obtenida de la proporción inicial).

Cemento = = 42.50 Kg.

Arena = 42.50×2.13 = 90.53 Kg.

Piedrín = 42.50×3.06 = 130.05 Kg.

Agua = 42.50×0.56 = 23.80 Kg.

Total = = 286.88 Kg.

3.2 Corrección de Masada Teórica: (Por humedad de los agregados).

% humedad de arena: 10 % (% Hc)

% humedad del piedrín: 0 % (% Hc)

% de absorción de la arena: 4.23 % (% Abs.)

% de absorción del piedrín: 1.50 % (% Abs.)

3.2 Masada corregida:

Corrección: $K = (1 + \% \text{ Hc}) / (1 + \% \text{ Abs.})$

Cemento = = 42.50 Kg.
 Arena = $90.53 \times (1 + 0.10)/(1 + 0.0423)$ = 95.54 Kg.
 Piedrín = $130.05 \times (1 + 0)/(1 + 0.015)$ = 128.13 Kg.
 Agua = $23.80 - (95.54 - 90.53) + (130.05 - 128.13)$ = 20.71 Kg.

3.3 Proporción de la masada corregida: = cemento/(cemento, arena, piedrín) = 1 : 2.25 : 3.01

CUADRO No. 6.1

PROPIEDADES MECANICAS DE LA TUBERIA PVC 1120, NORMA ASTM 1787-75 CLASE 12454-B (COGUANOR NGO 19 003) (Compuesto Grado 1, Tipo 1 y 2,000 psi de esfuerzo hidrostático de diseño, es la que construyen la mayoría de fábricas en el mundo).³

PROPIEDAD	NORMA ASTM	VALOR
Peso Específico	D - 792 - 66	1.38 gr./cm. ³
Resistencia a la tensión (25°C)	D - 638 - 72	500 Kg./cm. ²
Resistencia a la Compresión	D - 695 - 69	675 Kg./cm. ²
Módulo de elasticidad		3.0 x 10 ⁴ Kg./cm. ²
Elongación hasta la ruptura		Mín. 10%, Máx. 30%
Dilatacion térmica lineal	D - 696 - 70	0.08 mm./m./°C
Dureza (Shore d)	D - 785 - 65	75

³ Tomado de referencia No. 19.

CUADRO No. 7.1

**REQUISITOS PARA LADRILLO DE BARRO COCIDO TAYUYO, PERFORADO Y TUBULAR NORMA COGUANOR
NGO 41 022***

Tipo	Apariencia	Tolerancia en Dimensiones	% de Absorción en 24 horas (b)	Succión gr./cm.²/min.	Resistencia (c)			USOS RECOMENDADOS
					Flexión Kg./cm²	Flexión Lb./Plg.²	Compresión Kg./cm²	
A	(a)	Máx. 4 mm. dimensión especificada	25	0 a 0.5	14	200	84	1200
					ó mayor	ó mayor	ó mayor	ó mayor
B	(a)	Máx. 5 mm. dimensión especificada	25	0 a 0.5	11	140	56	800
					ó mayor	ó mayor	ó mayor	ó mayor
C	(a)	Máx. 5 mm. dimensión especificada	25	0 a 0.5	9	130	42	600
					ó mayor	ó mayor	ó mayor	ó mayor

* Tomado de referencia No. 8.

- (a) Ladrillo limpio, compacto, libre de rajaduras, reventaduras, combas, escamas o ampollas, aristas a escuadra, dimensiones parejas, color uniforme, difícil de rayar con acero, sonido metálico al golpearlo. Libre de partículas mayores de 0.32 cm. (1/8"), especialmente carbonato de calcio.
- (b) Este requisito no servirá de base para rechazar un ladrillo que en otros aspectos sea tolerable. Se preferirá, sin embargo, ladrillos de menor absorción.
- (c) Siempre se preferirá el ladrillo de mayor resistencia, entre varios que llenen los requisitos de este cuadro.

CUADRO No. 7.2**REQUISITOS PARA BLOQUES HUECOS DE CONCRETO NORMA COGUANOR NGO 41 054 (Superficie de vacíos mayor de 25% del área total)⁴**

Tipo de Bloque	Grosor Mínimo de paredes del Bloque	Variaciones permisibles para las 3 dimensiones	Resistencia a compresión para las 3 dimensiones (a)	Máxima absorción de agua en 24 h. (b)
A	3.0 cm.	4 mm.	50 Kg./cm. ²	30%
B	2.5 cm.	4 mm.	35 Kg./cm. ²	30%
C	2.5 cm.	4 mm.	25 Kg./cm. ²	30%

(a) Resistencia sobre área bruta total.

(b) No servirá de base para rechazo del bloque pero se preferirá al bloque de menor absorción.

El block de pedrín debe ser del tipo "A" como mínimo.

El block de pómez debe ser del tipo "C" como mínimo.

CUADRO No. 7.3**REQUISITOS FISICOS PARA TUBERIA DE CONCRETO NO REFORZADA DE RESISTENCIA NORMAL ASTM C-14 AASHO M-86.⁴**

Diámetro		Grosor Mínimo		Resistencia Mínima				% de Absorción Máxima
Interno		de Pared		Método de 3 apoyos		Método de Cama de Arena		
cm.	plg.	cm.	plg.	Kg./m.	Lb./pie	Kg./m.	Lb./pie	
10.16	4	1.43	9/16	1486	1000	2229	1500	8
15.24	6	1.59	5/8	1635	1100	2452	1670	8
20.32	8	1.91	3/4	1932	1300	2898	1950	8
25.40	10	2.22	7/8	2080	1400	3121	2100	8
30.48	12	2.54	1	2229	1500	3344	2250	8
38.10	15	3.18	1 ¼	2600	1750	3893	2620	8
45.72	18	3.81	1 ½	2972	2000	4458	3000	8
53.34	21	4.45	1 ¾	3269	2200	4904	3300	8
60.96	24	5.40	2	3566	2400	5350	3600	8

Absorción: La absorción en peso no deberá ser mayor de 8%.

Permeabilidad: No debe mostrar manchas de humedad o filtraciones después de 24 horas de estar con agua.

Permeabilidad: En la prueba de presión hidrostática (0.7 Kg./cm.² por minuto). No deberá (Alternativa) indicar filtraciones.

⁴ Tomado de referencia No. 8.

CUADRO No. 7.4

**REQUISITOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION PARA TUBERIAS DE CONCRETO
REFORZADO DE RESISTENCIA NORMAL (AASHO M-41) Y ESPECIFICACIONES PARA
CONSTRUCCION DE PUENTES Y CARRETERAS DE LA D.G.C. (Guatemala).(*)**

Diámetro interior de la tubería cm.	Concreto de 246 Kg./cm. ²		Concreto de 316 Kg./cm. ²		Requisitos de prueba de resistencia	
	Espesor mínimo de la tubería cm.	Mínimo refuerzo circular cm. ² /m. lineal de cuerpo de la tubería	Espesor mínimo de la tubería cm.	Mínimo refuerzo circular* cm. ² /m. lineal de cuerpo de la tubería	Kg./m. lineal de tubería	
					Método de soporte de 3 aristas**	Carga
30.5	5.00	1 cama 1.48	4.44	1 cama 1.69	3,348	5,208
38	5.71	1 cama 1.90	5.00	1 cama 2.33	3,906	6,049
46	6.35	1 cama 2.539	5.00	1 cama 2.96	4,464	6,996
61	7.60	1 cama 2.957	6.35	1 cama 4.23	5,022	7,440
76	8.89	2 camas c/u 4.655	7.60	1 cama 5.92	6,026	8,556
91	10.00	2 camas c/u 3.81	8.57	2 camas c/u 4.66	7,031	9,821
107	11.43	2 camas c/u 4.44	9.52	2 camas c/u 5.29	8,035	10,937
122	12.70	2 camas c/u 5.29	10.80	2 camas c/u 6.26	8,705	13,392
137	13.97	2 camas c/u 6.35	11.74	2 camas c/u 7.83	8,928	14,880
152	15.00	2 camas c/u 6.98	12.70	2 camas c/u 8.68	9,374	16,368
168	16.51	2 camas c/u 7.83	13.97	2 camas c/u 9.52	9,821	17,856
183	17.78	2 camas c/u 8.46	15.00	2 camas c/u 10.16	-	-
198	19.05	2 camas c/u 9.10	16.51	2 camas c/u 10.79	-	-
213	20.00	2 camas c/u 9.73	17.78	2 camas c/u 11.43	-	-
229	20.00	2 camas c/u 11.85	-	-	-	-
244	21.59	2 camas c/u 12.69	-	-	-	-
259	21.59	2 camas c/u 15.24	-	-	-	-
274	22.86	2 camas c/u 16.50	-	-	-	-

(*) Tomado de referencia No. 8.

* La distancia de la línea central del esfuerzo a la superficie más cercana del tubo, ha sido estimada como 3.18 cm. para tubería con espesor de 6.35 cm. o más.

** Cargas de prueba para pruebas de soporte con arena, serán una vez y media las especificadas en esta tabla para la prueba de soporte de tres aristas.

CUADRO No. 7.5**ESPECIFICACIONES PARA LADRILLO DE CEMENTO LIQUIDO⁵**

PRUEBAS	TIPO		
	"A"	"B"	"C"
Espesor mínimo del ladrillo en cm.	2.3	2.3	2.3
Variación máxima en el largo y ancho en cm.	0.5	0.5	0.5
Espesor mínimo de la Pastina en mm.	2.5	2.5	2.5
Resistencia mínima a Flexión Kg./cm. ²	35	25	15
Desgaste máximo en mm.	0.5	0.6	0.8
Altura mínima de fractura por impacto en cm	18	14	10
Porcentaje de Absorción de agua en 24 horas.	15	20	25

El tipo aceptable a utilizarse es el "A".

El tipo "B" podrá aceptarse para casas de bajo costo.

El tipo "C" podrá aceptarse únicamente para patios o áreas similares.

⁵ Tomado de referencia No. 8.